

T S2/9

2/9/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013891780 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2001-375993/ 200140

XRPX Acc No: N01-275061

**Valve timing control system for internal combustion engine; has units to determine desired valve control time and measure actual valve control time and control unit to correct valve timing**

Patent Assignee: MITSUBISHI DENKI KK (MITQ ); MITSUBISHI ELECTRIC CORP (MITQ )

Inventor: WACHI S

Number of Countries: 004 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 10026990	A1	20010607	DE 1026990	A	20000531	200140 B
US 6260524	B1	20010717	US 2000561968	A	20000501	200142
JP 2001152886	A	20010605	JP 99340355	A	19991130	200147
KR 2001049726	A	20010615	KR 200038576	A	20000706	200171
KR 362329	B	20021123	KR 200038576	A	20000706	200334
JP 3477128	B2	20031210	JP 99340355	A	19991130	200382

Priority Applications (No Type Date): JP 99340355 A 19991130

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 10026990	A1		43	F02D-013/02	
US 6260524	B1			F02D-013/02	
JP 2001152886	A		28	F02D-013/02	
KR 2001049726	A			F01L-001/34	
KR 362329	B			F01L-001/34	Previous Publ. patent KR 2001049726
JP 3477128	B2		26	F02D-013/02	Previous Publ. patent JP 2001152886

Abstract (Basic): **DE 10026990 A1**

NOVELTY - The system has an operation state detection unit (201) and an arithmetic unit (202) to determine the desired valve control time (To) of an inlet (17) or outlet (18) valve according to the operation state (D). A variable valve timing control mechanism (40) varies the valve control time. A control unit (24) for the actual valve control time generates a control value (i) for the valve timing control mechanism.

DETAILED DESCRIPTION - A detection unit (203) detects the actual valve control time (Ta). The control unit (24) for the actual valve control time generates a control value (i) for the valve timing control mechanism, so that the actual valve control time equals the desired valve control time. An integral correction unit (205) determines an integral correction value (SIGMAKi) by integrating the control time to correct the control value. An initialisation use of the machine operation state is detected, to initialise the integral correction value to an optimum value, which is matched to the operation state. The initialisation unit is arranged, so that an initial value of the integral correction value is a negative value.

USE - For internal combustion engine.

ADVANTAGE - Actual valve timing is quickly corrected to desired valve timing, independently of initialisation of control values.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a functional block diagram to show the basic configuration of an internal combustion engine, which is equipped with the valve timing control system (Drawing contains non-English language text).

Internal combustion engine (1)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Piston (4)  
Crankshaft (5)  
Combustion chamber (8)  
Inlet channel (15)  
Outlet channel (16)  
Inlet valve (17)  
Outlet valve (18)  
Variable valve timing control mechanism (40)  
Oil control valve (80)  
Electronic control unit (100A)  
Engine operation state detection unit (201)  
Arithmetic unit (202)  
Detection unit for actual valve control time (203)  
Control unit for actual valve control time (204)  
Integral control unit to determine arithmetic correction value  
(205)  
Learning unit (206)  
Initialisation use detection unit (207)  
Initialisation unit (208)  
Current of linear solenoid (i)  
Engine operation state (D)  
Electronic control unit (ECU)  
Learnt value of second control value (LRN)  
Actual valve control time (Ta)  
Desired valve control time (To)  
Correction value (SIGMAKi)  
pp; 43 DwgNo 1/31

Title Terms: VALVE; TIME; CONTROL; SYSTEM; INTERNAL; COMBUST; ENGINE; UNIT;  
DETERMINE; VALVE; CONTROL; TIME; MEASURE; ACTUAL; VALVE; CONTROL; TIME;  
CONTROL; UNIT; CORRECT; VALVE; TIME

Derwent Class: Q51; Q52; X22

International Patent Class (Main): F01L-001/34; F02D-013/02

International Patent Class (Additional): F02D-041/04

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): X22-A03G

?

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 100 26 990 A 1

⑤1 Int. Cl. 7:  
F 02 D 13/02

②1 Aktenzeichen: 100 26 990.7  
②2 Anmeldetag: 31. 5. 2000  
④3 Offenlegungstag: 7. 6. 2001

DE 100 26 990 A 1

③0 Unionspriorität:  
11-340355 30. 11. 1999 JP  
⑦1 Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
⑦4 Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

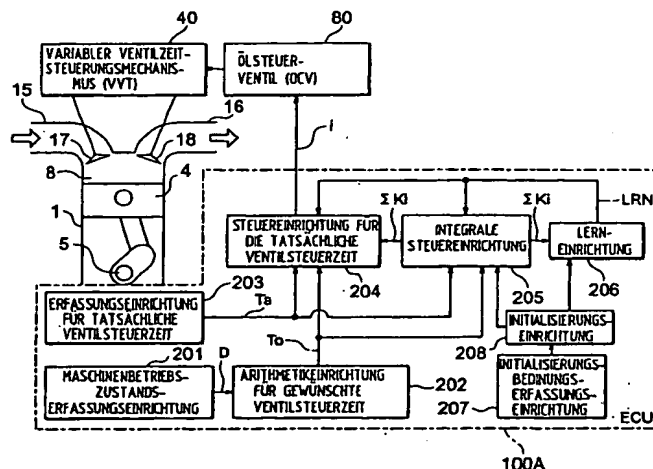
⑦2 Erfinder:  
Wachi, Satoshi, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine

⑤7 Ein Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine ermöglicht, dass eine tatsächliche Ventilsteuerzeit ( $T_a$ ) für ein Einlassventil (17) und/oder ein Auslassventil (18) schnell auf eine gewünschte Ventilsteuerzeit ( $T_o$ ) konvergiert, selbst wenn Steuergrößen für die Maschine unmittelbar nach dem Einschalten einer Energieversorgung oder der Wiederherstellung auf einen normalen Betriebszustand aus einem abnormalen Zustand initialisiert werden, um dadurch eine Verschlechterung des Maschinenbetriebsverhaltens und der Abgasqualität zu unterdrücken. Das Ventilzeitsteuerungssystem umfasst eine Einrichtung (201) zum Erfassen eines Betriebszustands (D) der Maschine, eine Einrichtung (202) zum Bestimmen einer gewünschten Ventilsteuerzeit ( $T_o$ ) für das Einlassventil (17) und/oder das Auslassventil (18) in Abhängigkeit von dem erfassten Maschinenbetriebszustand (D), einen variablen Ventilzeitsteuermechanismus (40) zum Ändern einer Öffnungs-/Schließungs-Steuerzeit für wenigstens das Einlassventil (17) und/oder das Auslassventil (18), eine Einrichtung (203) zum Erfassen einer tatsächlichen Ventilsteuerzeit ( $T_a$ ) wenigstens des Einlassventils (17) und/oder des Auslassventils (18), eine Steuereinrichtung (204) für die tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erzeugen einer Steuergröße (i) für den variablen Ventilzeitsteuermechanismus (40), so dass eine Steuerzeitabweichung (ER) der tatsächlichen Ventilsteuerzeit ( $T_o$ ) Null wird, eine integrale Steuereinrichtung (205) zum arithmetischen ...



DE 100 26 990 A 1

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Ventilzeitsteuerungssystem zum Einstellen oder Steuern einer Ventilsteuerzeit, bei der ein Einlassventil und/oder ein Auslassventil einer Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Maschine geöffnet und geschlossen wird. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine, die die Ventilsteuerzeit so steuern kann, dass eine tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf eine gewünschte Ventilsteuerzeit unmittelbar nach dem Einschalten der Energieversorgung der Maschine und unmittelbar auf eine Wiederherstellung eines Maschinenbetriebszustands auf einen normalen Zustand von einem abnormalen Zustand, bei dem irgendeine Abnormalität in dem Maschinenbetriebszustand aufgetreten ist, konvergieren kann und dass ein Überspringen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit unterdrücken kann und dadurch das Betriebsverhalten der Maschine gegenüber einer Verschlechterung zu schützen, während die Abgasqualität gegenüber einer Verschlechterung mit einer hohen Zuverlässigkeit im wesentlichen ohne einen Fehler geschützt wird.

## Beschreibung des verwandten Sachstandes

In dem technischen Gebiet der Brennkraftmaschine ist ein System zum variablen Steuern der Betriebssteuerzeit für wenigstens ein Einlassventil und ein Auslassventil in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine altbekannt. Das Ventilzeitsteuerungssystem dieses Typs umfasst einen Mechanismus zum Halten oder variablen Steuern der Ventilsteuerzeit in Abhängigkeit von dem Maschinenbetriebszustand im Hinblick auf eine Realisation einer optimalen Ventilzeitsteuerung.

Beispielsweise wird die Steuerzeit zum Öffnen des Einlassventils in einer vorgerückten Phase gehalten, wenn die Maschinendrehzahl in einem stabilen mittleren Bereich ist, um eine EGR-(Abgasrückführung)Funktion zu realisieren, wohingegen dann, wenn die Maschinendrehzahl in einem höheren Geschwindigkeitsbereich oder in einem niedrigeren Geschwindigkeitsbereich ist, das Einlassventil in einer zurückverlegten Phase gehalten wird, um ein hohes Ausgangsdrehmoment sicherzustellen oder einen stabilen Betriebszustand sicherzustellen.

Nachstehend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 10-13 ein herkömmliches Ventilzeitsteuerungssystem für die Brennkraftmaschine beschrieben. Fig. 10 ist ein schematisches Diagramm, welches allgemein eine Konfiguration eines Benzinmaschinensystems zeigt, das mit einem herkömmlichen Ventilsteuerzeit-Regulierungs- oder -Steuermechanismus ausgerüstet ist. Unter Bezugnahme auf die Figur bildet eine Brennkraftmaschine, die allgemein mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist, einen Hauptteil des Benzinmaschinensystems und umfasst eine Vielzahl von Zylindern (z. B. vier Zylinder). In Fig. 10 sind jedoch stellvertretend nur ein Zylinder und zugehörige Komponenten dargestellt.

Wie in Fig. 10 gezeigt bildet ein Zylinderblock 2 einen Zylinderabschnitt der Maschine 1. Ein Zylinderkopf 3 ist mit dem Zylinderblock 2 an einem oberen Ende davon verbunden. Ein Kolben 4 ist innerhalb einer Zylinderkammer aufgenommen, die in dem Zylinderblock 2 gebildet ist, um sich so in der vertikalen Richtung hin- und herzubewegen. Ein Kurbelwelle 5 ist betriebsmäßig mit dem Kolben 4 an

einem unteren Ende davon verbunden und wird veranlasst, sich gemeinsam mit der Hin- und Herbewegung des Kolbens 4 zu drehen.

Ein Kurbelwinkelsensor 6, der z. B. in der Nähe der Kurbelwelle 5 angeordnet sein kann, ist aus einem elektromagnetischen Aufnehmer oder einem Sensor gebildet, um zum Erzeugen eines Kurbelwinkelsignals SGT synchron zu der Drehung der Maschine 1 zu dienen. Das Kurbelwinkelsignal SGT wird nicht nur zum Erfassen der Maschinengeschwindigkeit oder Maschinendrehzahl NE (Upm) der Maschine 1, sondern auch für die Erfassung verwendet, dass die Kurbelwelle 5 sich an einem vorgegebenen Referenzkurbelwinkel ( $^{\circ}$ CA) befindet.

Ein Signalarotor 7 ist integral auf der Kurbelwelle 5 angebracht und weist eine äußere Umfangsoberfläche auf, die mit einem Paar von Zähnen 7a mit einem Winkelabstand von  $180^{\circ}$  dazwischen gebildet ist. Die Zähne 7a sind aus einem magnetischen Material gebildet. Bei jedem Vorbeilaufen jedes Zahns 7a vor dem Kurbelwinkelsensor 6 wird ein impulsartiges Kurbelwinkelsignal SGT von dem Kurbelwinkelsensor 6 erzeugt.

Eine Verbrennungskammer 8 ist zwischen inneren Wänden des Zylinderblocks 2 und dem Zylinderkopf 3 bzw. einer oberen Wand des Kolbens 4 definiert. Eine Luft-Kraftstoff-Mischung, die in die Maschine 1 geladen wird, durchläuft innerhalb der Verbrennungskammer 8 eine Verbrennung. Eine Zündkerze 9 ist oben an dem Zylinderkopf 3 angeordnet, so dass sie teilweise in die Verbrennungskammer 8 vorsteht. Die Luft-Kraftstoff-Mischung wird von einer elektrischen Entladung gezündet, die an der Zündkerze 9 stattfindet.

Ein Verteiler 10 ist installiert, wobei dieser mit einer auslassseitigen Kurbelwelle 20 (die nachstehend beschrieben wird) gekoppelt ist, die auf dem Zylinderkopf 3 angebracht ist, um eine hohe Zündspannung sequentiell an die Zündkerzen 9 anzulegen, die jeweils für die einzelnen Zylinder vorgesehen sind. Diesbezüglich ist ein Zünder 11 zum Erzeugen der hohen Zündspannung vorgesehen.

Insbesondere ist jede Zündkerze elektrisch mit dem Verteiler 10 mit Hilfe eines für Hochspannung ausgelegten Kabels (nicht gezeigt) elektrisch verbunden, wobei die von dem Zünder 11 ausgegebene Hochspannung jeweils an die einzelnen Zündkerzen 9 mit Hilfe des Verteilers 10 synchron zu der Drehung der Kurbelwelle 5 verteilt wird.

In der Zuordnung zu dem Zylinderblock 2 ist ferner ein Wassertemperatursensor 12 installiert, der zur Erfassung einer Temperatur W des Kühlwassers, welches durch einen Kühlkanal fließt, dient. Eine Einlassöffnung 13 ist an einer Einlassseite des Zylinderkopfes 3 vorgesehen, während eine Auslassöffnung 14 an einer Auslassseite des Zylinderkopfes 3 angeordnet ist.

Ein Einlasskanal 15 steht in Verbindung mit der Einlassöffnung 13, wobei ein Auslasskanal 16 mit der Auslassöffnung 14 in Verbindung steht. Ein Einlassventil 17 ist in der Einlassöffnung 13 des Zylinderkopfes 3 angeordnet, während ein Auslassventil 18 in der Auslassöffnung 14 des Zylinderkopfes 3 installiert ist.

Eine einlassseitige Nockenwelle 19 befindet sich über dem Einlassventil 17, um das Einlassventil 17 in den offenen oder geschlossenen Zustand zu treiben. In ähnlicher Weise ist die auslassseitige Kurbelwelle 20 über dem Auslassventil 18 angeordnet, um das Auslassventil 18 zu öffnen oder zu schließen.

Eine Einlasssteuerzeitscheibe 21 ist auf der einlassseitigen Kurbelwelle 19 an einem Ende davon angebracht, während eine Auslasssteuerzeitscheibe 22 auf der auslassseitigen Nockenwelle 20 an einem Ende davon angebracht ist. Die Einlasssteuerzeitscheibe 21 und die Auslasssteuerzeit-

scheibe 22 sind betriebsmäßig mit der Kurbelwelle 5 mit Hilfe eines Zeitsteuerungsriemens 23 gekoppelt, so dass jede der Nockenwellen 19 und 20 sich bei einer Geschwindigkeit drehen können, die im wesentlichen gleich zu einer Hälfte der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle 5 ist.

Wenn die Maschine 1 sich in dem Betriebszustand befindet, wird das Antriebsdrehmoment der Kurbelwelle 5 an die Nockenwelle 19 bzw. 20 mit Hilfe des Zeitsteuerungsriemens 23 und der Steuerzeitscheibe 21 und 22 übertragen, um dadurch die Nockenwelle 19 bzw. 20 zu drehen.

Somit wird das Einlassventil 17 und das Auslassventil 18 jeweils in die geöffneten/geschlossenen Zustände synchron mit der Drehung der Kurbelwelle 5 und somit der vertikalen Hin- und Herbewegung des Kolbens 5 angetrieben. Mit anderen Worten wird jeweils das Einlassventil 17 und das Auslassventil 18 mit einer vorgegebenen Öffnungs-/Schließungs-Steuerzeit synchron zu einer Serie von 4 Hüten, d. h. Ansaughub, Kompressionshub, Explosions-(Ausdehnungs-)Hub und Auslasshub der Maschine 1 angetrieben.

Ein Nockenwinkelsensor 24 ist in der Nähe der einlassseitigen Nockenwelle 19 angeordnet und dafür ausgelegt, ein Nockenwinkelsignal SGC zum Erfassen der Betätigungssteuerzeit (d. h. der Ventilsteuerzeit) des Einlassventils 17 zu erzeugen.

Ein Signalrotor 25 ist integral auf der einlassseitigen Nockenwelle 19 angebracht, wobei die äußere Umfangsoberfläche des Signalrotors 25 mit 4 Zähnen 25a in einem Winkelabstand von 90° dazwischen gebildet ist. Jeder der Zähne 25a ist aus einem magnetischen Material gebildet. Jedes Mal, wenn die Zähne 25a vor dem Nockenwinkelsensor 24 vorbeigehen, wird ein impulsartiges Nockenwinkelsignal (eine Impulssignal, welches die Winkelposition der Nocke anzeigt) SGC von dem Nockenwinkelsensor 24 erzeugt.

Ein Drosselventil 26 ist in dem Einlasskanal 15 an einem mittleren Abschnitt davon installiert und ist dafür ausgelegt, um in Ansprechen auf eine Betätigung eines Gaspedals (nicht gezeigt) selektiv geöffnet oder geschlossen zu werden, wodurch die an die Maschine 1 geführte Luftflussmenge, d. h. der Einlassluftfluss Q, eingestellt oder reguliert wird. Diesbezüglich ist ein Drosselsensor 27 betriebsmäßig mit dem Drosselventil 26 zum Erfassen des Drosselöffnungsgrads  $\theta$  gekoppelt.

Ein Einlassluftfluss-Sensor 28 ist an einer Stelle stromaufwärts von dem Drosselventil 26 zum Erfassen des Einlassluftflusses Q in dem Einlasskanal 15 angeordnet, indem beispielsweise auf eine thermische Erfassungstechnik zurückgegriffen wird, die an sich in dem technischen Gebiet bekannt ist. Ferner ist ein Absorptionstank 29 an einer Stelle stromabwärts an dem Drosselventil 26 gebildet, um die Pulsation des Einlassluftflusses Q zu unterdrücken.

Ein Kraftstoffeinspritzer 30 ist der Nähe der Einlassöffnung 13 jedes einzelnen Zylinders vorgesehen, um Kraftstoff einzuspritzen, um dadurch die Luft-Kraftstoffmischung in die Verbrennungskammer 8 zu laden. Jeder der Kraftstoffeinspritzer 30 ist normalerweise durch ein elektromagnetisches Ventil gebildet, welches auf eine elektrische Erregung hin geöffnet wird. Der Kraftstoff wird an jeden der Kraftstoffeinspritzer 30 unter Druck von einer Kraftstoffpumpe (nicht gezeigt) geführt.

Beim Betrieb der Maschine 1 wird Luft in den Einlasskanal 15 geführt, während der Kraftstoffeinspritzer 30 Kraftstoff in die Richtung auf die Einlassöffnung 13 hin einspritzt. Infolgedessen wird eine Luft-Kraftstoffmischung in der Einlassöffnung 13 erzeugt, um durch das Einlassventil 17, welches dafür ausgelegt ist, um sich in dem Ansaughub zu öffnen, in die Verbrennungskammer 8 hineingesaugt zu werden.

Ein variabler Ventilsteuerzeit(VVT)-Mechanismus 40 ist

betriebsmäßig mit der einlassseitigen Nockenwelle 19 gekoppelt und dafür ausgelegt, um hydraulisch (über das Medium eines Schmieröls der Maschine 1) zum Ändern oder Modifizieren der Ventilbetriebs-Steuerzeit des Einlassventils 17 (oder wenigstens des Einlassventils 17 und/oder des Auslassventils 18) angetrieben zu werden. Insbesondere ist der variable Ventilsteuerzeitmechanismus 40 so ausgelegt, dass er die Ventilbetriebssteuerzeit des Einlassventils 17 durch kontinuierliches Ändern oder Variieren des Versetzungswinkels der einlassseitigen Nockenwelle 19 relativ zu der Einlasssteuerzeitscheibe 21 ändert. Diesbezüglich ist ein Ölsteuerventil (OCV) 80 vorgesehen, um das Arbeitsöl an den variablen Ventilsteuerzeitmechanismus 40 zu führen und außerdem die Menge des Arbeitsöls einzustellen.

Für den Zweck einer Gesamtsteuerung des Maschinenbetriebs ist eine elektronische Steuereinheit (ECU) 100 zum Steuern von Betriebsvorgängen der verschiedenen Stellglieder wie des Kraftstoffeinspritzers 30, des Zünders 11, des Ölsteuerventils 80 und anderen vorgesehen, um dadurch die Kraftstoffeinspritzmenge, die Zündsteuerzeit, die Ventilbetriebssteuerzeit und andere auf Grundlage der Ausgänge der verschiedenen Sensoren wie des Einlassluftflusses Q, der Kühlwassertemperatur W, des Kurbelwinkelsignals SGT, des Nockenwinkelsignals SC und anderen, die den Betriebszustand der Maschine anzeigen, zu steuern. Die elektronische Steuereinheit 100 kann aus einem Mikrocomputer oder eine Mikroprozessor gebildet sein, wie nachstehend beschrieben wird.

Als nächstes richtet sich die Beschreibung auf einen Aufbau eines variablen Ventilsteuerzeitsystems einschließlich des variablen Ventilsteuerzeit(VVT)-Mechanismus 40 und des Ölsteuerventils 80 unter Bezugnahme auf die Fig. 11-19. Fig. 11 ist ein Seitenaufrißansicht, die teilweise im Querschnitt eine strukturelle Anordnung um die einlassseitigen Nockenwelle 19 herum, die in Zuordnung zu dem variablen Ventilsteuerzeitmechanismus 40 vorgesehen ist, zeigt. Ferner zeigt diese Figur auch einen Aufbau der Arbeitsöl-Zuführungseinrichtung (die dem Ölsteuerventil oder OCV 80 entspricht), um den variablen Ventilsteuerzeitmechanismus 40 anzutreiben. Überdies sind in Fig. 11 die Komponenten, die die gleichen oder die äquivalenten wie diejenigen sind, die voranstehend beschreiben wurde, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Unter Bezugnahme auf Fig. 11 dient der variable Ventilsteuerzeitmechanismus 40 zum Steuern einer Einlassventilsteuerzeit, während das Ölsteuerventil 80 die Menge des Arbeitsöls steuert, welches an den variablen Ventilsteuerzeitmechanismus 40 geliefert wird. Die Einlasssteuerzeitscheibe 21 dreht sich synchron mit der Kurbelwelle 5 über das Medium des endlosen Steuerzeitsriemens 23, der sich gemeinsam mit der Drehung der Kurbelwelle 5 bewegt.

Translatorisch an die einlassseitige Nockenwelle 19 wird die Drehung der Einlasssteuerzeitscheibe 21 mit einer geänderten oder modifizierten Phase aufgrund der Einwirkung des variablen Ventilsteuerzeitmechanismus 40 übertragen.

Ein 41 Lager ist fest auf dem Zylinderkopf 3 (siehe Fig. 10) zum drehbaren Halten der einlassseitigen Nockenwelle 19 angebracht.

Ein erster Ölkanal 42 und ein zweiter Ölkanal 43 sind in Zuordnung zu der einlassseitigen Nockenwelle 19 bzw. einem Rotor 52 (der nachstehend beschrieben wird) vorgesehen. Der erste Ölkanal 42 steht in Verbindung mit einer hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 (die nachstehend beschrieben wird), um den Rotor 52 winkelmäßig in die Zurückverlegungsrichtung zu versetzen, während der zweite Ölkanal 43 in Verbindung mit einer hydraulischen Vorrückungskammer 63 (die nachstehend beschrieben wird) steht, um den Rotor 52 winkelmäßig in die Vorrückungsrichtung

zu versetzen.

Ferner ist eine Ölpumpe 91 vorgesehen, um Arbeitsöl (Schmieröl) aus einer Ölwanne 90 herauszunehmen. Zusätzlich ist ein Ölfilter 9a zur Reinigung des Arbeitsöls vorgesehen, welches aus der Ölwanne 90 herausgenommen wird. Die Ölwanne 90, die Ölpumpe 91 und der Ölfilter 92 arbeiten zusammen, um die Schmiereinrichtung zum Schmieren von verschiedenen Teilen oder Komponenten der Maschine 1 (siehe Fig. 10) zu bilden und gleichzeitig eine Arbeitsöl-Zuführungseinrichtung für den variablen Ventilsteuerzeit(VVT)-Mechanismus 40 in Zusammenarbeit mit dem Ölsteuerventil (OCV) 80 zu bilden.

Eine Vielzahl von Sensoren, die allgemein und kollektiv mit einem Bezugszeichen 99 bezeichnet sind, umfassen die Sensoren wie den Kurbelwinkelsensor 6, der voranstehend erwähnt wurde, und andere, die in Zuordnung zu der Maschine 1 vorgesehen sind, wobei Ausgangssignale von diesem Sensoren, die verschiedene Betriebszustandsinformationen der Maschine 1 anzeigen, der elektronischen Steuereinheit (ECU) 100 eingegeben werden.

Ein Spulenventilelement 82 ist in einem Gehäuse 81 des Ölsteuerventils 880 verschiebbar bewegbar darin angeordnet. Ein lineares Solenoid 83 steuert das Spulenventilelement 82 in Abhängigkeit von einem entsprechenden Steuerungssignal, das von der elektronischen Steuereinheit (ECU) 100 ausgegeben wird. Eine Feder 84 ist vorgesehen, um das Spulenventilelement 82 in die Richtung entgegengesetzt zu der Antriebsrichtung des linearen Solenoids 83 in einer elastischen Weise zu drängen.

Das Gehäuse 81 ist mit verschiedenen Öffnungen 85 bis 87, 88a und 88b versehen.

Die Ölzuführungsöffnung 85 steht hydraulisch mit der Ölpumpe 91 mit Hilfe des Ölfilters 92 in Verbindung, während eine A-Öffnung 86 hydraulisch mit dem zweiten Ölkanal 43 in Verbindung steht. Andererseits stehen Auslassöffnungen 88a und 88b hydraulisch mit der Ölwanne 90 in Verbindung.

Wenn die Maschine 1 arbeitet, wird das Arbeitsöl herausgenommen von der Ölwanne 90 mit Hilfe der Ölpumpe 91, die im Ansprechen auf die Drehung der Kurbelwelle 5 in einen Betrieb versetzt wird. Das Arbeitsöl, welches von der Ölwanne 90 herausgenommen und davon abgegeben wird, wird selektiv unter Druck an den ersten Ölkanal 42 oder an den zweiten Ölkanal 43 mit Hilfe des Ölsteuerventils 80 über den Ölfilter 92 geliefert.

Die Flussrate des Öls in dem ersten Ölkanal 42 und dem zweiten Ölkanal 43 (d. h. die Menge des hydraulischen Mediums oder Öls, welches durch den ersten Ölkanal 42 bzw. den zweiten Ölkanal 43 fließt) wird vergrößert oder verkleinert, wenn die Öffnungsgrade der Öffnungen 86 und 87 aufgrund der Schiebewegung des Spulenventilelements 82 kontinuierlich geändert werden. In diesem Zusammenhang sei drauf hingewiesen, dass die Öffnungsgrade der A-Öffnung 86 und der B-Öffnung 87 jeweils in Abhängigkeit von dem Wert des Steuerstroms  $i$  (eine Steuergröße), der an das lineare Solenoid 83 geführt wird, bestimmt werden. Nachstehend wird dieser Strom auch als der lineare Solenoidstrom  $i$  oder Strom des linearen Solenoids bezeichnet.

Die elektronische Steuereinheit 100 steuert den linearen Solenoidstrom  $i$  auf Grundlage der Signale, die von den verschiedenen Sensoren wie dem Kurbelwinkelsensor 6, dem Nockenwinkelsensor 24 und anderen ausgegeben werden.

Das Gehäuse 44 des variablen Ventilsteuerzeit(VVT)-Mechanismus 40 ist relativ zu der einlassseitigen Kurbelwelle 19 drehbar angebracht, wobei ein Gehäuse 45 fest an dem Gehäuse 44 befestigt ist. Eine Rückfeder 46, die durch eine Blattfeder gebildet sein kann, ist zwischen einer Spitzenabdichtung 49 (die nachstehend beschrieben wird) und

dem Gehäuse 45 angeordnet, um dadurch die Spitzenabdichtung 49 an den Rotor 52 (der ebenfalls nachstehend beschrieben wird) elastisch zu drücken.

Ein Deckel 47 ist an dem Gehäuse 45 mit Hilfe von Bolzen 48 befestigt, die das Gehäuse 44, das Gehäuse 45 und den Deckel 47 aneinander befestigen. Die voranstehend erwähnte Spitzenabdichtung 49 wird an den Rotor 52 mit Hilfe der Rückfeder 46 gedrückt, um dadurch einen Fluss des Arbeitsöls zwischen den hydraulischen Kammern, die von einander durch den Rotor 52 geteilt sind, und dem Gehäuse 45 zu verhindern (d. h. ein Leck des Arbeitsöls zu verhindern). Eine Platte 50 ist an dem Deckel 47 mit Hilfe einer Schraube 51 befestigt.

Der Rotor 52 ist fest auf der einlassseitigen Nockenwelle 19 angebracht und ist relativ zu dem Gehäuse 45 drehbar angebracht. Der Rotor 52 ist mit einem zylindrischen Halter 53 versehen, der eine Ausnehmung aufweist, die dafür ausgelegt ist, um an einem Plunger 54 anzugreifen (der nachstehend beschrieben wird).

Der Plunger 54, der mit einem Vorsprung versehen ist, ist dafür ausgelegt, um sich innerhalb des Gehäuses 44 unter dem Einfluss der Federung einer Feder 55 (die nachstehend beschrieben wird) und eines hydraulischen Drucks von Öl, welches in den Halter 53 eingeleitet wird, verschiebbar zu bewegen. Die Feder 55 übt eine federnde oder Federkraft zum Drücken des Plungers 54 in Richtung auf den Rotor 52 hin aus.

Ein Plungerölkanal 56 liefert das Arbeitsöl zum Anwenden des hydraulischen Drucks auf den Plunger 54 entgegen der Federkraft, die von der Feder 55 ausgeübt wird. Ein Luftkanal 57 ist vorgesehen, um den Raum, der auf der Seite des Plungers 54 gebildet wird, auf der die Feder 55 angeordnet ist, konstant auf den atmosphärischen Druck einzustellen.

Die einlassseitige Nockenwelle 19 und der Rotor 52 sind fest aneinander mit Hilfe eines Verbindungsbolzens 58 verbunden. Andererseits sind die einlassseitige Nockenwelle 19 und der Rotor 52 durch einen drehbaren Wellenabschnitt eines Wellenelements 59, das relativ zu dem Deckel 47 drehbar angebracht ist, untereinander verbunden. Ein Luftkanal 60 ist so gebildet, dass er sich durch das Wellenelement 59 und die einlassseitige Nockenwelle 19 erstreckt, um den inneren Raum, der von der Platte 50 definiert wird, auf den atmosphärischen Druck einzustellen.

Fig. 12 ist eine Teilquerschnittsansicht, die einen Zustand zeigt, in dem ein hydraulischer Druck an den Plunger 54 mit Hilfe des Plungerölkanals 56 angelegt wird.

Wie sich der Fig. 12 entnehmen lässt, wird der Plunger 54 gezwungen, an dem Gehäuse 44 anzuliegen, wobei die Feder 55 unter dem hydraulischen Druck komprimiert wird. Infolgedessen werden der Plunger 54 und der Halter 53 voneinander getrennt, um dadurch dem Rotor 52 zu ermöglichen, sich relativ zu dem Gehäuse 44 zu drehen.

Fig. 13 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Schnitlinie X-X in Fig. 11 gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet ist, Fig. 14 ist eine Teilquerschnittsansicht zum Darstellen einer Versetzung einer Schiebeplatte 71, Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Linie Y-Y in Fig. 11 gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet ist, und Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Linie Z-Z in Fig. 11 gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet ist.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 13-16 sind die Bolzen 48 jeweils schraubmäßig in den Bolzenlöchern 61 aufgenommen. Es sind sektorartige hydraulische Zurückverlegungskammern 62 vorgesehen, um erste bis vierte Flügel 64-67 jeweils in eine Zurückverlegungsrichtung zu drehen, wie nachstehend beschreiben. Die Flügel 64-67, die voranste-



hend erwähnt wurden, sind integral mit dem Rotor 52 gebildet.

Die hydraulischen Zurückverlegungskammern 62 sind in Entsprechung zu den ersten bis vierten Flügeln 64-67 definiert, jeweils von dem Rotor 52, dem Gehäuse 45, dem Deckel 47 und dem Gehäuse 44 eingeschlossen. Ferner stehen die hydraulischen Zurückverlegungskammern 62 hydraulisch mit dem ersten Ölkanal 42 in Verbindung, so dass an sie Arbeitsflüssigkeit davon geliefert werden kann.

Andererseits sind sektorartige hydraulische Vorrückungskammern 63 vorgesehen, um die ersten bis vierten Flügel 64-67 in eine Vorrückungsrichtung zu drehen. Die hydraulischen Vorrückungskammern 63 sind in Entsprechung zu den ersten bis vierten Flügeln 64-67 jeweils definiert, wobei sie von dem Rotor 52, dem Gehäuse 45, dem Deckel 47 und dem Gehäuse 44 eingeschlossen sind. Ferner stehen die hydraulischen Vorrückungskammern 63 hydraulisch mit dem zweiten Ölkanal 43 in Verbindung, wobei die Arbeitsflüssigkeit davon an sie zugeführt wird.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung wird der Rotor 52 relativ zu dem Gehäuse 44 in Abhängigkeit von der Menge des Arbeitsöls, welches an die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 und die hydraulische Vorrückungskammer 63 zugeführt wird, versetzt, wodurch die Volumen der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammern 63 veranlasst werden, sich entsprechend zu ändern.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 13-16 sind die Bolzen 48 jeweils schraubenmäßig in den Bolzenlöchern 61 aufgenommen. Es sind sektorartige hydraulische Zurückverlegungskammern 62 vorgesehen, um erste bis vierte Flügel 64 bis 67 in einer Zurückverlegungsrichtung zu drehen, wie voranstehend beschrieben. Die Flügel 64 bis 67, die voranstehend erwähnt wurden, werden integral mit dem Rotor 52 gebildet.

Die hydraulischen Zurückverlegungskammern 62 sind in Entsprechung zu den ersten bis vierten Flügeln 64 bis 67 jeweils definiert, wobei sie von dem Rotor 52, dem Gehäuse 45, dem Deckel 47 und dem Gehäuse 44 eingeschlossen sind. Ferner stehen die hydraulischen Zurückverlegungskammern 62 hydraulisch mit dem ersten Ölkanal 42 in Verbindung, so dass an sie die Arbeitsflüssigkeit davon geführt werden kann.

Andererseits sind sektorartige hydraulische Vorrückungskammern 63 vorgesehen, um die ersten bis vierten Flügel 64-67 in eine Vorrückungsrichtung zu drehen. Die hydraulischen Vorrückungskammern 63 sind jeweils in Entsprechung zu den ersten bis vierten Flügeln 64-67 definiert, wobei sie von dem Rotor 52, dem Gehäuse 45, dem Deckel 47 und dem Gehäuse 44 eingeschlossen sind. Ferner stehen die hydraulischen Vorrückungskammern 63 hydraulisch mit dem zweiten Ölkanal 43 in Verbindung, wobei an sie das Arbeitsöl davon geliefert wird.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung wird der Rotor 52 relativ zu dem Gehäuse 44 in Abhängigkeit von der Menge des Arbeitsöls, das an die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 und die hydraulische Vorrückungskammer 63 geliefert wird, versetzt, wodurch bewirkt wird, dass sich die Volumen der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammer 63 entsprechend ändern.

Der erste Flügel 64 steht radial nach außen von dem Rotor 52 vor. Der Halter 53 ist an dem ersten Flügel 64 an der Seite, die auf das Gehäuse 44 gerichtet ist, angebracht, wobei ein kommunizierender Ölkanal 70, der nachstehend beschrieben wird) in dem Deckel 47 gebildet ist. Eine Führungsausnehmung 72 (die nachstehend beschrieben wird) ist in einem Zwischenabschnitt von jedem der kommunizieren-

den Ölkanäle 79 gebildet. Der Plungerölkanal 56 erstreckt sich von der Führungsausnehmung 72 an das Gehäuse 44 durch den Halter 53.

In ähnlicher Weise ist jeder der zweiten bis vierten Flügel 65 bis 67 so gebildet, dass er von dem Rotor 52 in der radialen Richtung vorsteht. Ferner ist eine Spitzenabdichtung 73 (die ebenfalls nachstehend beschrieben wird) an einem Abschnitt von jedem der ersten bis vierten Flügel 64 bis 67 vorgesehen, wobei der Abschnitt in einen Kontakt mit dem Gehäuse 45 gebracht wird.

Ein Flügelhalterungselement 68 bildet einen Mittenabschnitt des Rotors 52. Schuhe 69 sind vorgesehen, die sich von dem Gehäuse 45 nach innen in die radiale Richtung erstrecken. Jeder Schuh 69 ist mit dem Bolzenloch 61 zum schraubenmäßigen Aufnehmen des Bolzens 48 versehen, wobei die Spitzenabdichtung 49 an dem Abschnitt des Schuhs 69 vorgesehen ist, der in einen Kontakt mit dem Flügelhalterungselement 68 gebracht wird.

Der kommunizierende Ölkanal 70 steht mit der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammer 63, die jeweils auf beiden Seiten des ersten Flügels 54 gebildet sind, in Verbindung. Die Schiebeplatte 71 ist innerhalb der Führungsausnehmung 72 (die nachstehend beschrieben wird), die an einer Zwischenstelle des kommunizierenden Ölkanals 70 gebildet ist, bewegbar. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der kommunizierende Ölkanal 70 durch die Schiebeplatte 71 so unterteilt oder aufgeteilt ist, dass zwischen der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammer 63 kein Ölleck auftritt.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung wird die Schiebeplatte 71 veranlasst, sich in Richtung auf die hydraulische Vorrückungskammer 63 zu versetzen, wenn der hydraulische Druck innerhalb der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 hoch ist (siehe Fig. 13). Wenn andererseits der hydraulische Druck innerhalb der hydraulischen Vorrückungskammer 63 hoch ist, dann wird die Schiebeplatte 72 gezwungen, sich in Richtung auf die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 hin zu bewegen (siehe Fig. 14).

Wie voranstehend erwähnt ist die Führungsausnehmung 72 an einem mittleren Abschnitt des kommunizierenden Ölkanals 70 vorgesehen, wobei die Führungsausnehmung 72 an einem mittleren Abschnitt davon mit dem Plungerölkanal 56 in Verbindung steht.

Wenn sich somit die Schiebeplatte 71 zu der hydraulischen Vorrückungskammer 63 (siehe Fig. 13) bewegt, kommuniziert der Plungerölkanal 56 mit der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62, wohingegen dann, wenn sich die Schiebeplatte 71 auf die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 bewegt (siehe Fig. 14), der Plungerölkanal 56 auf den Zustand eingestellt wird, der mit der hydraulischen Vorrückungskammer 63 kommuniziert.

Die Spitzenabdichtung 73 ist in Zuordnung zu jedem der ersten bis vierten Flügel 64 bis 67 vorgesehen, um ein Ölleck zwischen den Flügeln und dem Gehäuse zu verhindern. Überdies sei erwähnt, dass die in den Fig. 13, 14 und 16 gezeigten Pfeile die Richtung anzeigen, in der der variable Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 insgesamt mit Hilfe des Steuerzeitriemens 23 und anderen gedreht wird.

Als nächstes werden Betriebsvorgänge des variablen Zeitsteuerungs(VVT)-Mechanismus 40 und des Ölsteuerventils (OCV) 80 konkret beschrieben.

Zunächst nimmt in dem Zustand, in dem der Betrieb der Maschine 1 gestoppt ist, der Rotor 52 eine maximale zurückverlegte Position ein (d. h. die Position, an der der Rotor 52 relativ zu dem Gehäuse 44 in die Zurückverlegungsrichtung maximal gedreht worden ist), wie in Fig. 13 gezeigt.

In dem voranstehend erwähnten Zustand ist der hydraulische

sche Druck von Öl, das von der Ölpumpe 91 an das Ölsteuerventil 80 geliefert wird, gering (auf dem atmosphärischen Druck). Demzufolge wird Öl weder an den ersten Ölkanal 42 noch an den zweiten Ölkanal 43 geliefert. Somit wird kein hydraulischer Druck an den Plungerölkanal 56 angelegt, wobei als Folge davon der Plunger 54 elastisch an den Halter 53 unter dem Einfluss der Feder 55 gedrückt wird, wie in Fig. 11 gezeigt. Somit sind der Plunger 54 und der Halter 53 miteinander eingerückt.

Beim Starten eines Betriebs der Maschine 1 wird die Ölpumpe 91 in Betrieb genommen, wodurch der hydraulische Druck, der an das Ölsteuerventil 80 geliefert wird, ansteigt. Demzufolge wird ein hydraulisches Medium oder Öl an die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 mit Hilfe der A-Öffnung 86 geliefert. Infolgedessen wird die Schiebeplatte 71 veranlasst, sich in Richtung auf die hydraulische Vorrückungskammer 63 hin unter dem hydraulischen Druck, der innerhalb der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 vorherrscht, zu bewegen, wodurch eine hydraulische Kommunikation zwischen der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und dem Plungerölkanal 56 hergestellt wird. Demzufolge wird der Plunger 54 gedrängt, sich in Richtung auf das Gehäuse 44 hin zu versetzen, wobei als Folge davon der Plunger 54 und der Rotor 52 voneinander ausgerückt werden.

Weil jedoch der hydraulische Druck an die hydraulische Vorrückungskammer 63 angelegt wird, bleibt jeder der ersten bis vierten Flügel 64 bis 67 in dem Zustand, der auf den Schuhen 69 in der Zurückverlegungsrichtung unter dem hydraulischen Druck anliegt. Selbst wenn der Plunger 54 ausgerückt wird, werden demzufolge das Gehäuse 44 und der Rotor 52 unter dem hydraulischen Druck innerhalb der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 aneinander gedrückt, wodurch eine Vibration oder ein Stoss auf ein Minimum unterdrückt werden kann.

Wenn nun die B-Öffnung 87 geöffnet wird, um dadurch zu bewirken, dass sich der Rotor 52 in die Vorrückungsrichtung dreht, wird über den zweiten Ölkanal 43 Arbeitsöl an die hydraulische Vorrückungskammer 63 geliefert. Demzufolge wird ein hydraulischer Druck an den kommunizierenden Ölkanal 70 von der hydraulischen Vorrückungskammer 63 übertragen, wobei als Folge davon die Schiebeplatte 71 veranlasst wird, sich in der Richtung auf die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 hin unter dem hydraulischen Druck zu bewegen.

Wenn sich die Schiebeplatte 71 wie voranstehend erwähnt bewegt hat, wird der Plungerölkanal 56 in eine hydraulische Kommunikation mit der hydraulischen Vorrückungskammer 63 mit Hilfe des kommunizierenden Ölkanals 70 gebracht, wodurch ein hydraulischer Druck an den Plungerölkanal 56 von der hydraulischen Vorrückungskammer 63 übertragen wird. Unter dem voranstehend erwähnten Druck wird der Plunger 54 gezwungen, sich entgegen der Federkraft, die von der Feder 55 ausgeübt wird, in Richtung auf das Gehäuse 44 hin zu bewegen, was zu einer Ausrückung zwischen dem Plunger 54 und dem Halter 53 führt.

Durch Einstellen der Menge des Arbeitsöls durch Öffnen/Schließen der A-Öffnung 86 und der B-Öffnung 87 in dem Zustand, in dem der Plunger 54 und der Halter 53 voneinander ausgerückt sind, kann in dieser Weise eine Drehung des Rotors 52 relativ zu der Drehung des Gehäuses 44 aufgrund der Einstellung oder Steuerung der Arbeitsölmenge innerhalb der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammer 63 vorgerückt oder zurückverlegt werden.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 17 und 19 wird ein typischer Betrieb des Ölsteuerventils 18 als nächstes beschrieben. Überdies zeigen Fig. 17-19 Betriebszustände des Öl-

steuerventils 80, wenn der von der elektronischen Steuereinheit (ECU) 100 ausgegebene Steuerstrom  $i$  jeweils unterschiedliche Werte annimmt.

Insbesondere zeigt Fig. 17 einen Betriebszustand des Ölsteuerventils 80, wenn der Wert des Steuerstroms  $i$   $i_a$  (z. B. 0,1 Ampère) kleiner als ein Referenzstromwert  $i_b$  (z. B. 0,5 Ampère) ist.

Bezugnehmend auf Fig. 17 wird das Spulenventilelement 82 elastisch an die linke Seite des Gehäuses 81 unter dem Einfluss der Feder 84 gedrückt, wodurch die Ölzuführungsöffnung 85 und die A-Öffnung 86 einerseits und die B-Öffnung 87 und die Auslassöffnung 88b andererseits gegenseitig in Verbindung gebracht werden, wie mit den Pfeilen angedeutet.

In diesem Zustand wird Arbeitsöl an die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 geliefert, während es von der hydraulischen Vorrückungskammer 63 abgegeben wird. Demzufolge wird der Rotor 52 gezwungen, sich relativ zu dem Gehäuse 44, mit dem Pfeil angedeutet, in die Gegenuhrzeigerichtung zu drehen. Somit wird die Phase der einlassseitigen Nockenwelle 19 relativ zu der Einlass-Steuerzeitscheibe 21 zurückverlegt, wodurch das Einlassventil 17 in den Zurückverlegungssteuerzustand gebracht wird.

Fig. 18 zeigt den Betriebszustand des Ölsteuerventils 80, wenn der Wert des Steuerstroms  $i$  gleich zu dem Referenzstromwert  $i_b$  (z. B. 0,5 Ampère) ist. In dem in Fig. 18 dargestellten Zustand sind die Kräfte, die von dem linearen Solenoid bzw. der Feder 84 ausgeübt werden und in entgegengesetzten Richtungen zueinander wirken, im Gleichgewicht, wobei als Folge davon das Spulenventilelement 82 an einer Position gehalten wird, wo sowohl die A-Öffnung 86 als auch die B-Öffnung 87 geschlossen sind.

Demzufolge sind die hydraulische Zurückverlegungskammer 62 und die hydraulische Vorrückungskammer 63 in den Zuständen, in denen Arbeitsöl weder zugeführt noch abgegeben wird. Demzufolge wird der Rotor 52 an der gegenwärtigen Position solange gehalten, wie das Leck des Arbeitsöls von der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 und der hydraulischen Vorrückungskammer 63 nicht auftritt, wodurch die Phasenbeziehung zwischen der Einlass-Steuerzeitscheibe 21 und der einlassseitigen Nockenwelle 19 aufrechterhalten werden kann wie sie ist.

Fig. 19 zeigt einen Betriebszustand des Ölsteuerventils 80, wenn der Wert des Steuerstroms  $i$   $i_c$  (z. B. 1,0 Ampère) ist, was größer als der Referenzstromwert  $i_b$  (z. B. 0,5 Ampère) ist.

Bezugnehmend auf Fig. 19 wird das Spulenventilelement 82 auf die rechte Seite des Gehäuses 81 unter dem Einfluss des linearen Solenoids 83 getrieben, wodurch die Ölzuführungsöffnung 85 und die B-Öffnung 87 einerseits und die A-Öffnung 86 und die Auslassöffnung 88a andererseits miteinander in Verbindung gebracht werden, wie mit den Pfeilen angedeutet.

In diesem Zustand wird Arbeitsöl an die hydraulische Vorrückungskammer 63 über den zweiten Ölkanal 43 geliefert, während es über den ersten Ölkanal 42 von der hydraulischen Zurückverlegungskammer 62 abgegeben wird. Demzufolge wird der Rotor 52 gezwungen, sich relativ zu dem Gehäuse 44 in die Uhrzeigerichtung zu drehen, wie mit dem Pfeil angedeutet. Somit wird die Phase der einlassseitigen Nockenwelle 19 relativ zu der Einlass-Steuerzeitscheibe 21 veranlasst, sich vorzurücken, wodurch das Einlassventil 17 in den Vorrückungssteuerzustand gebracht wird.

Wie sich den Fig. 17-19 entnehmen lässt, kann der Grad der hydraulischen Kommunikation zwischen der Ölzuführungsöffnung 85 und der A-Öffnung 86 oder B-Öffnung 87 sowie der Grad der hydraulischen Kommunikation zwi-

schen der Auslassöffnung 88a oder 88b und der A-Öffnung 86 oder der B-Öffnung 87 in Abhängigkeit von der Position des Spulenventilelements 82 gesteuert werden. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Position des Spulenventilelements 82 und der Wert des Steuerstrom  $i$ , der durch das lineare Solenoid 83 fließt, einen proportionalen Zusammenhang zueinander aufweisen.

Fig. 20 ist ein charakteristisches Diagramm zum Darstellen einer Beziehung zwischen dem Wert des Steuerstroms  $i$ , der durch das lineare Solenoid 83 fließt, und einer tatsächlichen Ventilsteuerzeit-Änderungsrate  $VTa$ . Insbesondere ist graphisch die Rate einer Änderung der tatsächlichen Ventilsteuerzeit (nachstehend auch als die tatsächliche Ventilsteuerzeit-Änderungsrate bezeichnet), die mit  $VTa$  bezeichnet ist, als Funktion des Stroms  $i$  des linearen Solenoids unter einer vorgegebenen Betriebsbedingung der Maschine 1 dargestellt. In Fig. 20 stellt ein positiver oder Plus-Bereich der tatsächlichen Ventilsteuerzeit-Änderungsrate  $VTa$  eine Versetzung oder Verschiebung in die Vorrückungsrichtung dar, während ein negativer oder Minus-Bereich der tatsächlichen Ventilsteuerzeit-Änderungsrate  $VTa$  dem Bereich entspricht, in dem eine Versetzung oder Verschiebung in die Zurückverlegungsrichtung stattfindet.

In Fig. 20 stellen die elektrischen Stromwerte  $i_a$  bis  $i_c$  Werte des linearen Solenoidstroms  $i$  entsprechend zu den Positionen des in den Fig. 17, 18 bzw. 19 gezeigten Spulenventilelements 82 dar. Wie sich aus den Figuren entnehmen lässt, ist der Wert des Stroms  $i$  des linearen Solenoids, bei dem sich die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $Ta$  nicht ändert (d. h.  $VTa = 0$ ) nur ein Stromwert  $i_b$ , bei dem die Menge des Arbeitsöls, das von den hydraulischen Kammern 62 und 63 sowie dem hydraulischen Rohr und dem Spulenventilelement 82 leckt, mit der Menge des Arbeitsöls, welches unter Druck von der Ölpumpe 91 geführt wird, im Gleichgewicht ist.

Fig. 21 ist ein charakteristisches Diagramm, welches Änderungen in der Beziehung zwischen dem Steuerstrom  $i$ , der durch das lineare Solenoid fließt, und der tatsächlichen Ventilsteuerzeit-Änderungsrate  $VTa$  darstellt, wobei eine Kurve mit einer durchgehenden Linie die charakteristische Kurve darstellt, wenn der Ausgabedruck des Arbeitsöls relativ hoch ist, während eine Kurve mit einer gestrichelten Linie die charakteristische Kurve darstellt, wenn der Ausgabedruck des Arbeitsöls relativ gering ist. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass der Ausgabedruck des Arbeitsöls sich in Abhängigkeit von der Maschinendrehzahl  $NE$  und der Temperatur, beispielsweise der Kühlwassertemperatur  $W$ , verändern kann.

Wie sich der Fig. 21 entnehmen lässt ändert sich der Referenzstromwert  $i_b$  konstant in Abhängigkeit von der Änderung in dem Ausgabedruck des Arbeitsöls. Wenn zum Beispiel der Ausgabedruck des Arbeitsöls niedrig wird, dann steigt der Referenzstromwert  $i_b$  an. Demzufolge unterscheidet sich die Art, in der sich der Referenzstromwert  $i_b$  und somit die charakteristische Kurve verändert, von einem Produkt zu einem anderen Produkt wie dem Spulenventilelement 82 aufgrund einer Ungleichmäßigkeit in dem Dimensionsfaktor oder dergleichen. Wenn der Ausgabedruck des Arbeitsöls gering wird, dann wird die Änderungsrate in der tatsächlichen Ventilsteuerzeit (d. h. dem Wert  $VTa$ ) relativ zu der Änderung des Stroms  $i$  des linearen Solenoids abnehmen.

Nachstehend wird der Strom  $i_b$  des linearen Solenoids, bei dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $Ta$  konstant bleiben kann, als der Haltestrom  $i_h$  bezeichnet.

Wenn die Ventilsteuerzeit vorgerückt werden soll, kann gewöhnlicherweise der Strom  $i$  des linearen Solenoids relativ zu dem Haltestrom  $i_h$  auf einen großen Wert eingestellt

werden. Wenn im Gegensatz dazu die Ventilsteuerzeit zurückverlegt werden soll, kann der Strom  $i$  des linearen Solenoids auf einen kleinen Wert relativ zu dem Haltestrom eingestellt werden.

Als nächstes wird ein Ventilsteuerzeit-Erfassungsbetrieb unter Bezugnahme auf Fig. 22 beschrieben, die ein Zeitablaufdiagramm ist, das ein Kurbelwinkelsignal  $SGT$ , ein Nockenwinkelsignal  $SGCd$  in der am weitesten zurückverlegten Phase und ein Nockenwinkelsignal  $SGCa$  in der vorgerückten Phase darstellt. Phasenbeziehungen zwischen dem Kurbelwinkelsignal  $SGT$  und den Nockenwinkelsignalen  $SGCd$  und  $SGCa$  sowie die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $Ta$  können arithmetisch auf Grundlage des in Fig. 22 gezeigten Zeitablaufdiagramms bestimmt werden.

Die elektronische Steuereinheit (ECU) 100 ist so ausgelegt oder programmiert, dass sie eine Periode  $T$  des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  sowie eine Phasendifferenzzeit  $\Delta Ta$ , die zwischen dem Nockenwinkelsignal  $SGCa$  und dem Kurbelwinkelsignal  $SGT$  liegt (d. h. eine Zeit, die der Differenz in der Phase zwischen dem Nockenwinkelsignal  $SGCa$  und dem Kurbelwinkelsignal  $SGT$  entspricht) misst.

Ferner wird die am meisten zurückverlegte Ventilsteuerzeit  $Td$  arithmetisch gemäß der nachstehend erwähnten Gleichung (1) auf Grundlage der Phasendifferenzzeit  $\Delta Td$  und der Periode  $T$  des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  bestimmt, wenn die Zurückverlegung der Ventilsteuerzeit maximal ist.

$$Td = (\Delta Td / T) \times 180 [^\circ CA] \quad (1)$$

Das Ergebnis der voranstehend erwähnten Berechnung wird in einem Speicher (RAM) mit wahlfreiem Zugriff gespeichert, der in der elektronischen Steuereinheit 100 eingebaut ist.

Ferner ist die elektronische Steuereinheit 100 programmiert, um auf Grundlage der Phasendifferenz  $\Delta Ta$ , der Periode  $T$  des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  und der am weitesten zurückverlegten Ventilsteuerzeit  $Td$  gemäß des folgenden Ausdrucks (2) arithmetisch die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $Ta$  zu bestimmen:

$$Ta = (\Delta Ta / T) \times 180 [^\circ CA] - Td \quad (2)$$

Ferner ist die elektronische Steuereinheit 100 so programmiert, dass sie die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $Ta$  veranlasst, auf eine gewünschte (oder Ziel-) Ventilsteuerzeit  $To$  zu konvergieren, und zwar über eine Rückkopplungssteuerung des Stroms  $i$  des linearen Solenoids auf Grundlage der Steuerzeitabweichung oder Differenz  $ER$  zwischen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $Ta$  und der gewünschten Ventilsteuerzeit  $To$ .

Fig. 23 ist ein Blockschaltbild, das schematisch eine interne Konfiguration der elektronischen Steuereinheit (ECU) zeigt. Wie sich der Figur entnehmen lässt, umfasst die elektronische Steuereinheit 100 einen Mikrocomputer 101.

Bezugnehmend auf Fig. 23 umfasst der Mikrocomputer 101 eine CPU (Zentralverarbeitungseinheit) 102 zum Ausführen von verschiedenen arithmetischen Operationen, Entscheidungsverarbeitungen und anderen, ein ROM (einen Nur-Lese-Speicher) 103 zum Vorherigen Speichern eines vorgegebenen Steuerprogramms oder von Programmen oder dergleichen, ein RAM (einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff) 104 zum vorübergehenden Speichern der Ergebnisse von arithmetischen Operationen und/oder anderen Verarbeitungen, die von der CPU 102 ausgeführt werden, einen A/D (Analog-Zu-Digital) Wandler 105 zum Umwandeln eines analogen Signals in ein digitales Signal, einen Zähler 106 zum Zählen der Periode eines Eingangssignals, einen Zeitgeber 107 zum Messen einer Ansteuerzeitperiode eines

Ausgangssignals, einen Ausgangsport 108, der eine Ausgangsschnittstelle bildet, und einen gemeinsamen Bus 109 zum Verbinden der verschiedenen Blöcke oder Komponenten 102-108, die voranstehend erwähnt wurden, untereinander.

Zugeordnet dem Mikrocomputer 101 ist eine erste Eingangsschaltung 110 vorgesehen, die die Wellenformen des von dem Kurbelwinkelsensor 6 zugeführten Kurbelwinkelsignals SGT und des von dem Nockenwinkelsensor 24 zugeführten Nockenwinkelsignals SGC formt, wobei das Ausgangssignal der ersten Eingangsschaltung 110 an den Mikrocomputer 101 als ein Unterbrechungs-(Interrupt)-Befehlssignal INT geliefert wird.

Jedes Mal, wenn die Unterbrechung im Ansprechen auf das Interrupt-Befehlssignal INT auftritt, liest die CPU 102 den Wert des Zählers 106, um ihn in dem RAM 104 zu speichern.

Ferner bestimmt die CPU 102 arithmetisch die Periode T des Kurbelwinkelsignals SGT (siehe Fig. 22) auf Grundlage der Differenz zwischen dem Zählerwert an dem Zeitpunkt, wenn das vorangehende Kurbelwinkelsignal SGT eingegeben wurde, und dem gegenwärtigen Zählerwert, um dadurch die Maschinendrehzahl (UpM) NE auf Grundlage der Periode T des Kurbelwinkelsignals SGT zu bestimmen.

Ferner liest die CPU 102 aus dem RAM 104 den Zählerwert im Ansprechen auf die Eingabe des Kurbelwinkelsignals SGC, um dadurch arithmetisch eine Phasendifferenzzeit  $\Delta T$  auf Grundlage der Differenz oder Abweichung von dem Zählerwert zu dem Zeitpunkt, zu dem das Kurbelwinkelsignal SGT eingegeben wurde, zu bestimmen.

Ferner ist dem Mikrocomputer 101 zugeordnet eine zweite Eingangsschaltung 111 vorgesehen, um die Kühlwassertemperatur W von dem Kühlwassertempersensor 12, den Drosselöffnungsgrad  $\theta$  von dem Drosselsensor 27 bzw. den Ansaugluftfluss Q von dem Ansaugluftflusssensor 28 zu holen, wobei das Ausgangssignal der zweiten Eingangsschaltung 111, das eine Rauschbeseitigungsverarbeitung, eine Verstärkung und andere Verarbeitungen durchlaufen hat, an den A/D-Wandler 105 geliefert wird, der die Signale, die die Kühlwassertemperatur W, den Drosselöffnungsgrad  $\theta$  und den Ansaugluftfluss Q darstellen, jeweils in entsprechende digitale Daten umwandelt. Die digitalen Ausgangssignale des A/D-Wandlers 105 werden wiederum der CPU 102 eingegeben.

Die Ansteuerschaltung 112 ist ausgelegt, um ein Steuersignal zum Ansteuern des Kraftstoffeinspritzers 30 auszugeben, während die Ansteuerschaltung 113 ein Steuersignal zum Ansteuern des Zünders 11 ausgibt.

Im Ansprechen auf die verschiedenen Eingangssignale bestimmt die CPU 102 arithmetisch die Ansteuerzeit oder Dauer für den Kraftstoffeinspritzer 30 sowie die Zündsteuerzeit für den Zünder 11 auf Grundlage der Eingangssignale, während der Kraftstoffeinspritzer 30 und der Zünder 11 mit Hilfe des Ausgangsports 108 und der Ansteuerschaltungen 112 und 113, die die Kraftstoffeinspritzmenge bzw. die Zündsteuerzeit steuern, angesteuert werden.

Die Steuerstromschaltung 114 ist dafür ausgelegt, den Strom i des linearen Solenoids des Ölsteuerventils zu steuern.

Diesbezüglich bestimmt die CPU 102 arithmetisch den Wert i des linearen Solenoids des Ölsteuerventils 80 auf Grundlage der verschiedenen Eingangssignale, die voranstehend erwähnt wurden, um dadurch über den Ausgangsport 108 ein Tastverhältnissignal, das dem Strom i des linearen Solenoids für das Ölsteuerventil 80 entspricht, auf Grundlage des Ergebnisses von einer Zeitmessung, die von dem Zeitnehmer 107 ausgeführt wird, auszugeben.

Andererseits steuert die Stromsteuerschaltung 114 ein

Fließen des Stroms i des linearen Solenoids durch das lineare Solenoid 83 des Ölsteuerventils 80 gemäss dem voranstehend erwähnten Tastverhältnissignal, um dadurch die Ventilsteuerzeit zu steuern.

5 Ferner ist eine Energieschaltung 115 vorgesehen, die dazu ausgelegt ist, eine Konstantspannung von der Spannung einer Batterie 116 wie über einen Schlüsselschalter 117 zugeführt zu erzeugen. Somit kann der Mikrocomputer 101 mit der konstanten Spannung arbeiten, die von der Energieschaltung 115 zugeführt wird.

10 Als nächstes werden Betriebsvorgänge der CPU 102 konkret unter Bezugnahme auf die Fig. 24-26 beschrieben, wobei Fig. 24 ein Zeitablaufdiagramm ist, wenn der tatsächliche Haltestrom ih mit dem Referenzwert (0,5 Ampère) übereinstimmt und Fig. 25 ein Zeitablaufdiagramm ist, wenn der tatsächliche Haltestrom ih in der erhöhenden Richtung von dem Referenzwert (0,5 Ampère) in dem System unter der Annahme abweicht, dass keine integrale Steuereinrichtung vorgesehen ist, während Fig. 26 ein Zeitablaufdiagramm für den Fall ist, dass der tatsächliche Haltestrom ih in der erhöhenden Richtung von einem Referenzwert (0,5 Ampère) unter der Annahme abweicht, dass die integrale Steuereinrichtung vorgesehen ist.

15 Im allgemeinen ist das Ölsteuerventil (OCV) 80 so ausgelegt, dass es die Menge eines Arbeitsöls, welches pro Einheitszeit zugeführt werden soll, einstellen oder regeln kann, wohingegen für den variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40, der der Steuerung unterzogen wird, die Winkelversetzung auf Grundlage der integrierten Grösse oder Menge des Arbeitsöls, wie zugeführt, bestimmt wird. Diesbezüglich ist der variable Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 mit einem integrierenden Element ausgerüstet.

20 Wenn somit der tatsächliche Haltestrom ih des Ölsteuerventils 80 mit dem Referenzwert (0,5 Ampère) übereinstimmt, dann führt die in die elektronische Steuereinheit 100 eingebaute Steuereinrichtung die proportional Steuerung in Abhängigkeit von der Steuerzeitabweichung ER zwischen der gewünschten Ventilsteuerzeit To und der tatsächlichen Ventilsteuerzeit Ta durch Bezugnahme auf den Referenzwert (0,5 Ampère) aus, um dadurch die tatsächliche Ventilsteuerzeit Ta zu veranlassen, auf die gewünschte Ventilsteuerzeit To zu konvergieren. In diesem Fall kann der Strom i des linearen Solenoids des Ölsteuerventils 80 mit der folgend Gleichung (3) gegeben werden.

$$i = KP \times ER + 0,5[A] \quad (3)$$

45 In dem obigen Ausdruck (3) entspricht die Verstärkung Kp der proportionalen Wirkung. Ferner kann die Steuerzeitabweichung oder der Fehler ER, der in der Gleichung (3) erscheint, gemäss der folgenden Gleichung (4) ausgedrückt werden:

$$ER = To - Ta \quad (4)$$

50 In diesem Zusammenhang sind zeitabhängige Änderungen der gewünschten Ventilsteuerzeit To, der tatsächlichen Ventilsteuerzeit Ta und des Stroms i des linearen Solenoids jeweils wie in Fig. 24 dargestellt.

55 An dieser Stelle sei erwähnt, dass der tatsächliche Haltestrom ih für das Ölsteuerventil 80 nicht immer mit dem Referenzwert (0,5 Ampère) übereinstimmen kann. Wenn der tatsächliche Haltestrom ih grösser als der Referenzwert (0,5 Ampère) wird, d. h. wenn der tatsächliche Haltestrom ih höher von dem Referenzwert abweicht, dann wird die Steuerung gemäss der Gleichung (3) dazu führen, dass die tatsächliche Ventilsteuerzeit Ta nicht auf die gewünschte Ventilsteuerzeit To konvergiert, wie in Fig. 25 dargestellt, und

somit ein Offset (Versatz) ER1 weiter ultimativ bleibt.

Unter derartigen Umständen ist die Steuereinrichtung, die in die elektronische Steuereinheit 100 eingebaut ist, so ausgelegt, dass sie den Strom  $i$  des linearen Solenoids des Ölsteuerventils 80 so steuert, dass die Steuerzeitabweichung ER Null wird. Insbesondere steuert unter Bezugnahme auf Fig. 25 die Steuereinrichtung den Strom  $i$  des linearen Solenoids gemäss der nachstehend erwähnten Gleichung (3A) um den Offset ER1 auf Null zubringen.

$$i = KP \times ER1 + 0,5[A] \quad (3A)$$

An dieser Stelle sei erwähnt, dass der tatsächliche Haltestrom  $i_h$  in der erhöhenden Richtung von dem Differenzstromwert  $i_b$  (0,5 Ampère) um einen Betrag " $KP \times ER1$  (Ampère)" abweicht. Somit wird die Steuereinrichtung versuchen, die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  zu konvergieren, indem sie den Strom zuführt, der um " $KP \times ER1$  (Ampère)" größer als der Referenzwert (0,5 Ampère) ist, in einer Anstrengung, um den Offset ER1 auf Null zu bringen.

Tatsächlich ist jedoch das Ölsteuerventil 80 in dem in Fig. 18 gezeigten Zustand, wobei sowohl die A-Öffnung 86 als auch die B-Öffnung 87 geschlossen sind, was bedeutet, dass der Offset ER1 niemals gelöscht wird, sondern weiter anhält. In diesem Fall kann der Offset ER1 folgendermaßen gegeben sein:

$$ER1 = (i_h - 0,5[A])/KP \quad (5)$$

Unter den Umständen ist das herkömmliche System so ausgelegt, dass es die integrale Steuerwirkung zusätzlich zu der proportionalen Steuerwirkung gemäss der Gleichung (3) ausführt, so dass die Existenz des Offsets ER1 nicht weiter fort dauert.

In diesem Fall ist der Strom  $i$  des linearen Solenoids mit der folgenden Gleichung (6) gegeben:

$$i = KP \times ER + \Sigma Ki + 0,5[A] \quad (6)$$

In der obigen Gleichung (5) entspricht die Verstärkung  $K_i$  der integralen Wirkung. Ferner entspricht der integrale Term (Gesamtsummenterm)  $\Sigma Ki$  dem integralen Korrekturwert, der sich aus einer Integration von Inkrementen/Dekrementen ergibt, die auf Grundlage der Steuerzeitabweichung ER gemäss der folgenden Gleichung (7) berechnet wird.

$$\Sigma Ki = \Sigma Ki(j-1) + K_i \times ER \quad (7)$$

In der obigen Gleichung (7) stellt der integrale Term " $\Sigma Ki(j-1)$ " den integralen Korrekturwert vor Bestimmen des gegenwärtigen integralen Werts dar, während der Term " $K_i \times ER$ " dem gegenwärtigen integralen Inkrementierungs/Dekrementierungs-Wert entspricht. Nebenbei gesagt sei erwähnt, dass die Verstärkung  $K_i$  auf einen sehr kleinen Wert eingestellt ist, so dass der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  sogar dann nicht wesentlich schwankt, wenn die Steuerzeitabweichung ER auf stufenweise Antworterhöhungen transient auftritt, um die Steuerung gegenüber einer Instabilität zu schützen.

Außer wenn der Offset ER1 zwischen der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  und der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  existiert, wird der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$ , der sich ultimativ aus der integralen Steuerung ergibt, die mit der folgenden Beziehungsgleichung (8) gegebene Beziehung für den Haltestrom  $i_h$  erfüllen.

$$i_h = \Sigma Ki + 0,5[A] \quad (8)$$

Fig. 26 ist eine Ansicht, die zeitliche Änderungen der gewünschten Ventilsteuerungszeit  $T_o$ , der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  bzw. des Stroms  $i$  des linearen Solenoids in dem Zustand darstellt, der die mit obiger Gleichung (8) gegebene Bedingung erfüllt. Es ist ersichtlich, dass die Steuerzeitabweichung ER auf Null konvergiert.

Als nächstes richtet sich die Beschreibung unter Bezugnahme auf die Fig. 27-29 auf die Ventilzeitsteuerung, die von dem herkömmlichen System ausgeführt wird, welches mit der integralen Steuereinrichtung gemäss der voranstehend erwähnten Gleichung (6) ausgerüstet ist.

Die Fig. 27 und 28 sind Flussdiagramme, die Steuerprogramme darstellen, die in dem ROM 103 gespeichert sind (siehe Fig. 23). Ferner ist Fig. 29 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen des Ventilzeitsteuerungsbetriebs, der gemäss der in den Fig. 27 und 28 dargestellten Programmen ausgeführt wird. Insbesondere sind in Fig. 29 zeitliche Änderungen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$ , des Stroms  $i$  des linearen Solenoids und des integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  dargestellt.

Die in Fig. 27 gezeigte Routine wird von der CPU 102 periodisch bei einem vorgegebenen Zeitintervall (z. B. auf jeden Ablauf von 25 ms hin) ausgeführt, während die in Fig. 28 gezeigte Routine nur einmal unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters 117 ausgeführt wird.

Unter Bezugnahme auf Fig. 27 holt die CPU 102 die Ausgangssignale von den verschiedenen Sensoren, die voranstehend erwähnt wurden, in einem Schritt S1. Genauer gesagt holt die CPU 102 die Betriebszustandssignale der Maschine wie beispielsweise das Kurbelwinkelsignal SGT, das Nockenwinkelsignal SGC, den Ansaugluftfluss  $Q$ , den Drosselöffnungsgrad  $\theta$  und andere von dem Kurbelwinkelsensor 6, dem Nockenwinkelsensor 24, dem Ansaugluft-Flusssensor 28, dem Drosselsensor 27, dem Wassertemperatursensor 12 und anderen jeweils, um dadurch arithmetisch die Periode  $T$  des Kurbelwinkelsignals, die Maschinendrehzahl NE und die Phasendifferenzzeit  $\Delta T$  auf Grundlage der voranstehend erwähnten Betriebszustandssignale zu bestimmen.

Danach bestimmt die CPU 102 arithmetisch die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$ , die von der Winkelversetzung der einlassseitigen Nockenwelle 19 relativ zu der Kurbelwelle 5 auf Grundlage der Kurbelwinkelsignalperiode  $T$  und der Phasendifferenzzeit  $\Delta T$  gemäss der voranstehend erwähnten Gleichung (2) in einem Schritt S2 dargestellt wird, in einem Schritt S2.

Ferner bestimmt die CPU 102 oder berechnet arithmetisch die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  auf Grundlage der Maschinendrehzahl NE, des Ansaugluftflusses  $Q$ , des Drosselöffnungsgrads  $\theta$  und der Kühlwassertemperatur  $W$  in einem Schritt S3.

Danach wird die Steuerzeitabweichung ER der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  von der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  arithmetisch gemäss der Gleichung (4) in einem Schritt S4 bestimmt, wobei dann eine Berechnung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  gemäss der voranstehend erwähnten Gleichung (7) in einem Schritt S5 erfolgt.

In diesem Zusammenhang stellt der Term  $\Sigma Ki(j-1)$ , der in der Gleichung (7) auftritt, den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  an einem Zeitpunkt dar, der dem gegenwärtigen Zeitpunkt um 25 ms vorausgeht. Überdies wird der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  unmittelbar nach Einschalten der elektronischen Steuereinheit 100, wobei der Schlüsselschalter 117 geschlossen wird (siehe Schritt S8 in Fig. 28), auf Null initialisiert.

Ferner wird der Strom  $i$  des linearen Solenoids für das Ölsteuerventil 80 arithmetisch gemäss der voranstehend erwähnten Gleichung (6) in einem Schritt S6 bestimmt, wo-

durch ein Steuersignal (Tastverhältnissignal) entsprechend dem Strom  $i$  des linearen Solenoids auf Grundlage des Ergebnisses der von dem Zeitnehmer 107 ausgeführten Zeitmessung erzeugt wird, um durch den Ausgangsport 108 (Schritt S7) ausgegeben zu werden, woraufhin die in Fig. 27 gezeigte Routine zu einem Ende kommt.

Das von dem Mikrocomputer 101 über den Ausgangsport 108 ausgegebene Tastverhältnissignal wird dem Ölsteuerventil (OCV) 80 über die Stromsteuerschaltung 114 eingegeben, um zum Steuern des durch das Spulenventilelement 82, das in das Ölsteuerventil 80 eingebaut ist, fließenden Stroms verwendet zu werden, so dass er mit dem Strom  $i$  des linearen Solenoids übereinstimmt.

In dieser Weise wird die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  so gesteuert, dass sie gleich zu der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  wird.

Jedoch wird in dem voranstehend beschriebenen herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystem die Steuerzeitabweichung ER weiter nach dem Einschalten der elektronischen Steuereinheit 100 über eine Zeitperiode existiert, die der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  benötigt, um von Null (dem initialisierten Zustand) auf den Wert anzusteigen, der die Bedingung erfüllen kann, die mit der voranstehend erwähnten Gleichung (8) gegeben wird. Demzufolge wird während der Periode, in der die Steuerzeitabweichung ER weiter bleibt, das Betriebsverhalten einschließlich des Abgas-Ausgabeverhaltens der Brennkraftmaschine verschlechtert werden.

Insbesondere dann, wenn die Steuerzeitabweichung ER fort dauert, um effektiv zu sein, den Überlappungszustand aufrechtzuerhalten, bei dem sowohl das Einlassventil 17 als auch das Auslassventil 18 geöffnet sind (nachstehend auch als die Ventilüberlappung bezeichnet), wird ein Brennen oder eine Verbrennung des Luft-Kraftstoffgemischs in der Verbrennungskammer 8 instabil, was in unerwünschter Weise zum Auftreten einer Fehlzündung und/oder zu einem Stehenbleiben der Maschine führen kann.

Ferner wird der Strom  $i$  des linearen Solenoids (die Steuergröße) zum Halten der Phase des variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 auf Grundlage des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  unmittelbar nach dem Einschalten der Energieversorgung korrigiert. Jedoch wird der Anfangswert des Stroms  $i$  des linearen Solenoids auf 0,5 Ampère eingestellt, wobei derjenige des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  auf "0" (Null) eingestellt wird (siehe Fig. 30).

Wenn die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  des Einlassventils 17 zum Beispiel relativ zu der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  zurückverlegt ist, wird somit die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  veranlasst, vorübergehend übermäßig über die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  vorzurücken, d. h. das Auftreten einer Überschwingung, wie sich der Fig. 30 entnehmen lässt. Infolgedessen wird die Periode der Ventilüberlappung verlängert, was eine Verschlechterung des Verbrennungsverhaltens oder der Brennfähigkeit bewirken wird.

Bei derartigen Umständen ist ein Ansatz zu vermeiden des Auftretens der Überschwingung vorgeschlagen worden, derart dass ein gelernter Wert als eine Steuergröße zum Halten der Phase des variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 angewendet wird und der Anfangswert des gelernten Werts auf einen derartigen Wert eingestellt wird, der die Ventilüberlappung verringern kann, wie z. B. in der japanischen nicht geprüften Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 338271/1996 (JP-A-8-338271) offenbart ist.

Wenn der anfängliche Wert des gelernten Werts in dieser Weise eingestellt wird, dann wird der Anfangswert des Stroms  $i$  des linearen Solenoids (Steuergröße) z. B. für das Einlassventil 17 auf einen Wert kleiner als 0,5 Ampère ein-

gestellt, so dass die Ventilöffnungssteuerzeit zurückverlegt wird.

Wenn somit der gelernte Wert auf einen Wert größer als 0,5 Ampère konvergiert, dann wird die anfängliche Steuerzeitabweichung zwischen der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  und der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_s$  ansteigen, wobei als Folge davon viel Zeit gebraucht wird, um die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  mit der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  in Übereinstimmung zu bringen, um einen Abschluss des Lernvorgangs zu ermöglichen.

Ferner ist im allgemeinen der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs beschränkt, um eine übermäßige Korrektur aufgrund einer Einstellung eines abnormalen Werts zu vermeiden. Wenn die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  sich aufgrund des Auftretens irgendeiner Abnormalität nicht ändern kann, kann in diesem Fall der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf einen oberen Grenzwert  $\alpha$  einen unteren Grenzwert  $\beta$  des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs festgelegt bleiben.

Fig. 31 zeigt zeitabhängige Änderungen des Stroms  $i$  des linearen Solenoids und des integralen Korrekturwerts für den Fall, dass der variable Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 oder das Ölsteuerventil 80 über eine Zählerauftrittsperiode  $\Gamma$  überhaupt nicht arbeitet, wobei nach dem Ablauf davon ein neuer Betriebszustand wiederhergestellt wird.

In der Fehlerauftrittsperiode  $\Gamma$  (Abnormalitätsauftrittszustand (d. h. ein Betriebszustand, bei dem eine Abnormalität auftritt)), steigt der Strom  $i$  des linearen Solenoids und der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf die jeweiligen maximalen Werte an und bleiben dort konstant.

Wenn danach der variable Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 oder das Spulensteuerventil 80 auf den normalen Betriebszustand zurückgebracht wird und die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  in Richtung auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  vorzurücken beginnt, startet der lineare Solenoidstrom  $i$ , um von dem maximalen Wert, d. h. 1 Ampère, abzusinken.

Andererseits bleibt der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf den oberen Grenzwert  $\alpha$  über eine Zeitdauer  $\gamma$  festgelegt und beginnt dann allmählich abzusinken, nachdem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  vorgerückt ist.

Demzufolge bleibt die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  in dem Überschwingungszustand, bei dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  in der Vorrückungsrichtung über einer Zeitperiode übersteigt, bis der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf "0" (Null) konvergiert ist.

Wie sich aus den vorangehenden Erläuterungen entnehmen lässt, kann unmittelbar nachdem der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  eine Änderung auf eine Wiederherstellung auf den normalen Betriebszustand aus dem Abnormalitätsauftrittszustand hin startet, die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  nicht schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  gebracht werden, was bewirkt, dass der Überschwingungszustand für eine verlängerte Zeit fort dauert. Infolgedessen wird eine Verschlechterung des Betriebsverhaltens der Maschine und einer Verschlechterung der Qualität des Abgases auftreten.

Wie sich nun aus der vorangehenden Beschreibung entnehmen lässt, weist das herkömmliche Ventilzeitsteuerungssystem für die Brennkraftmaschine den Nachteil eine Verschlechterung des Maschinenbetriebsverhaltens auf, wie typifiziert durch das Auftreten einer Fehlzündung oder ein Stehenbleiben der Maschine, sowie eine Verschlechterung des Abgases, weil die Steuerzeitabweichung ER zwischen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  und der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  für eine Weile, unmittelbar nach der Ein-



schaltung der elektronischen Steuereinheit 100, anhalten wird, wie sich der Fig. 29 entnehmen lässt, da der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  jedes Mal dann, wenn der Schlüsselschalter 117 eingeschaltet oder geschlossen wird (Schritt S8), auf Null initialisiert wird.

Selbst wenn der Anfangswert des gelernten Werts auf einen kleineren Wert als der mittlere (0,5 Ampère) im Design eingestellt wird, wie in der japanischen nicht geprüften Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 338271/1996 (JP-A-338271), wie voranstehend erwähnt wurde, gelehrt wird, wird die Steuerzeitabweichung noch weiter existieren, solange wie der gelernte Wert nicht definitiv bestimmt wird. Abgesehen davon, wenn die Steuergröße zum Halten der Phase des variablen Ventilzeitsteuermechanismus 40 größer als die mittlere im Design ist, wird viel Zeit für den Lernprozess benötigt, wodurch sich ein Problem dahingehend ergibt, dass eine Verschlechterung des Ansteuerungsverhaltens oder der Fahrfähigkeit und eine Verschlechterung der Qualität des Abgases auftreten.

### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Angesichts des voranstehend beschriebenen Standes der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, wobei das System in der Lage ist, die tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren zu lassen, und zwar unabhängig von der Initialisierung der Steuergrößen, die unmittelbar nach Einschalten des Steuersystems ausgeführt wird, um dadurch effektiv und in positiver Weise eine Verschlechterung des Maschinenbetriebsverhaltens sowie eine Verschlechterung der Abgasqualität zu unterdrücken.

Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, das in der Lage ist, ein Überschwingen der tatsächlichen Steuerzeit zu unterdrücken und somit eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für das Auftreten des Ventilüberlappungsphänomens bereitstellt, unterdrücken kann, um dadurch das Betriebsverhalten der Maschine gegenüber einer Verschlechterung zu schützen, während die Abgasqualität vor einer Verschlechterung geschützt wird.

Angesichts der obigen und anderen Aufgaben, die sich im Verlauf der Beschreibung ergeben, ist gemäß einem allgemeinen Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine vorgesehen, wobei das System umfasst: ein Einlassventil und ein Auslassventil, die synchron zu einer Drehung der Brennkraftmaschine zum Öffnen und Schließen eines Einlasskanals bzw. eines Auslasskanals angetrieben werden, die mit einer Verbrennungskammer der Brennkraftmaschine in Verbindung stehen, eine Betriebszustands-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine, eine Arithmetikeinrichtung für eine gewünschte Ventilsteuerzeit zum arithmetischen Bestimmen einer gewünschten Ventilsteuerzeit für wenigstens das Einlassventil und/oder das Auslassventil in Abhängigkeit von dem erfassten Maschinenbetriebszustand, einen Ventilzeitsteuerungsmechanismus zum Ändern einer Öffnungs/Schließungs-Steuerzeit für wenigstens das Einlassventil und/oder das Auslassventil, eine Erfassungseinrichtung für eine tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erfassen einer tatsächlichen Ventilsteuerzeit wenigstens des Einlassventils und/oder des Auslassventils, eine Steuereinrichtung für die tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erzeugen einer Steuergröße für den variablen Zeitsteuermechanismus, so dass eine Steuerzeitabweichung der tatsächlichen Ventilsteuerzeit von der gewünschten Ventilsteuer-

zeit Null wird, eine integrale Steuereinrichtung zum arithmetischen Bestimmen eines integralen Korrekturwerts durch Integrieren der Steuerzeitabweichung, um dadurch die Steuergröße zu korrigieren, eine Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Maschinenbetriebszustands, bei dem der integrale Korrekturwert initialisiert werden soll, als eine Initialisierungsbedingung, und eine Initialisierungseinrichtung zum Initialisieren des integralen Korrekturwerts auf einen optimalen Wert, der dem Maschinenbetriebszustand angepasst ist, wenn die Initialisierungsbedingung erfasst wird, wobei die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts auf einen negativen Wert einstellt.

Durch die Anordnung des voranstehend beschriebenen Ventilzeitsteuerungssystems kann die tatsächliche Ventilsteuerzeit veranlasst werden, schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren, und zwar unabhängig von der Initialisierung der Steuergrößen, die unmittelbar nach Einschalten der Energieversorgung der elektronischen Steuereinheit ausgeführt wird. Überdies kann ein Überschwingen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit vermieden werden und somit kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache zum Bewirken des Ventilüberlappungsereignisses bereitstellt, unterdrückt werden. Somit kann nicht nur das Betriebsverhalten der Maschine, sondern auch die Abgasqualität gegenüber einer Verschlechterung in einem großen vorteilhaften Maße geschützt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die integrale Steuereinrichtung eine Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts auf einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs umfassen, wobei die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert innerhalb eines Bereichs einstellt, der sich von einem unteren Grenzwert des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs bis auf "Null" inklusive erstreckt.

Mit Hilfe der obigen Anordnung kann der anfängliche Wert des integralen Korrekturwerts optimal eingestellt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt werden, dass sie den Anfangswert des integralen Korrekturwerts auch auf den unteren Grenzwert des vorgegebenen Bereichs einstellt.

Aufgrund der voranstehend beschriebenen Anordnung kann das Auftreten der Steuerzeitabweichung sowie eine kontinuierliche Existenz davon, die dazu tendiert, das Ventilüberlappungsphänomen zu verstärken, positiv und effektiv unterdrückt werden.

In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung so ausgelegt sein, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der sich der integrale Korrekturwert zum erstenmal, nachdem er mit dem oberen Grenzwert oder dem unteren Grenzwert des vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeitperiode übereinstimmend geblieben ist, ändert.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung ist es möglich, die tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren zu lassen, selbst wenn die Steuergrößen unmittelbar nach Wiederherstellung des Betriebszustands aus dem Abnormalitätsauftrittszustand auf den normalen Zustand initialisiert werden. Zusätzlich kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für eine Verschlechterung des Ventilüberlappungsereignisses bereitstellt, positiv und effektiv unterdrückt werden.

In einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung so ausgelegt sein, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, die dem Start einer Energieversorgung für das Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar folgt.

Aufgrund der Anordnung des voranstehend beschriebenen Ventilzeitsteuerungssystems ist es möglich, die tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit unabhängig von der Initialisierung der Steuergrößen, die unmittelbar nach dem Einschalten der Energieversorgung der elektronischen Steuereinheit ausgeführt wird, konvergieren zu lassen. Überdies kann ein Überspringen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit vermieden werden und somit kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für eine Verschlimmerung des Ventilüberlappungsereignisses bereitstellt, positiv und effektiv unterdrückt werden. In dieser Weise kann nicht nur das Betriebsverhalten der Maschine, sondern auch die Abgasqualität gegenüber einer Verschlechterung geschützt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann das Ventilzeitsteuerungssystem ferner eine Lerneinrichtung umfassen zum Lernen einer Steuergröße, die zum Halten der tatsächlichen Ventilsteuerzeit benötigt wird, auf Grundlage des integralen Korrekturwerts als einen gelernten Wert, wobei die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert des gelernten Werts auf einen mittleren im Design einstellt, während ein anfänglicher Wert des integralen Korrekturwerts auf einen negativen Wert eingestellt wird, wenn der gelernte Wert noch nicht bestimmt worden ist, wohingegen dann, wenn der gelernte Wert verfügbar ist, die Initialisierungseinrichtung den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts auf "Null" einstellt.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung kann die tatsächliche Steuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren, wenn die Steuergrößen unmittelbar nach der Wiederherstellung des Betriebszustands aus dem Abnormalitätsauftrittszustand auf den normalen Zustand initialisiert werden. Zusätzlich kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für eine Verschlimmerung des Ventilüberlappungsphänomens bereitstellt, positiv mit einer erhöhten Zuverlässigkeit unterdrückt werden.

In einer noch weiteren bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die integrale Steuereinrichtung aus einer Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts auf einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs gebildet sein, wobei die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt sein kann, dass sie den anfänglichen Wert in einem Bereich einstellt, der von einem unteren Grenzwert des vorgegebenen Bereichs bis "Null" inklusive reicht.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung kann der anfängliche Wert des integralen Korrekturwerts optimiert werden.

In einer noch weiteren bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt sein, dass sie den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts auf einen unteren Grenzwert des vorgegebenen Bereichs einstellt.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung kann das Auftreten der Steuerzeitabweichung sowie eine kontinuierliche Existenz davon, die zu der Verstärkung des Ventilüberlappungsereignisses beiträgt, mit einer stark verbesserten Zuverlässigkeit unterdrückt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die integrale Steuereinrichtung

aus einer Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts, so dass eine Summe des integralen Korrekturwerts und des gelernten Werts einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs annehmen kann, gebildet sein, wobei die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert der Summe auf einen Wert innerhalb eines Bereichs einstellt, der von dem unteren Grenzwert des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs bis "Null" inklusive reicht.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung kann eine weitere Optimierung des Anfangswerts des integralen Korrekturwerts erzielt werden.

In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungseinrichtung so ausgelegt sein, dass sie den anfänglichen Wert der Summe auf den unteren Grenzwert des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs einstellt.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung kann das Auftreten der Steuerzeitabweichung sowie eine kontinuierliche Existenz davon, die zu der Verstärkung des Ventilüberlappungsereignisses beiträgt, mit einer erhöhten Zuverlässigkeit unterdrückt werden.

In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung so ausgelegt werden, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der sich der integrale Korrekturwert zum ersten Mal ändert, nachdem er mit einem oberen Grenzwert oder einem unteren Grenzwert des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit übereinstimmt hat.

Mit der voranstehend beschriebenen Anordnung ist es möglich, die tatsächliche Ventilsteuerzeit schneller auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren zu lassen, wenn die Steuergrößen unmittelbar nach Wiederherstellung des Betriebszustands aus dem Abnormalitätsauftrittszustand auf den normalen Zustand initialisiert werden. Zusätzlich kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für eine Verstärkung des Ventilüberlappungsereignisses bereitstellt, positiv und effektiv unterdrückt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung so ausgelegt werden, dass sie als Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der der voranstehend erwähnte Summenwert sich zum ersten Mal ändert, nachdem er mit einem oberen Grenzwert oder dem unteren Grenzwert des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit übereinstimmt hat.

Mit der voranstehend erwähnten Anordnung kann die tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit konvergieren, wenn die Steuergrößen unmittelbar nach Wiederherstellung des Betriebszustands von dem Abnormalitätsauftrittszustand auf den normalen Zustand initialisiert werden. Überdies kann eine kontinuierliche Existenz einer Steuerzeitabweichung, die eine Ursache für eine Verstärkung des Ventilüberlappungseffekts bereitstellt, in positiver Weise und effektiv unterdrückt werden.

In einer noch weiteren bevorzugten Ausführungsform zur Ausführung der Erfindung kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung so ausgelegt sein, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, die dem Start einer Energiezuführung an das Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar folgt.

Aufgrund der Anordnung des voranstehend beschriebenen Ventilzeitsteuerungssystems ist es möglich, die tatsächliche Ventilsteuerzeit schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit



erzeit konvergieren zu lassen, und zwar unabhängig von der Initialisierung der Steuergrößen, die unmittelbar nach dem Einschalten des Systems ausgeführt wird. Überdies kann ein Überschwingen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit vermieden werden und somit kann eine kontinuierliche Existenz der Steuerzeitabweichung, die eine Ursache einer Verstärkung des Ventilüberlappungsereignisses bereitstellt, in positiver Weise und effektiv unterdrückt werden. In dieser Weise kann nicht nur das Betriebsverhalten der Maschine, sondern auch die Abgasqualität gegenüber einer Verschlechterung geschützt werden.

Die obigen und andere Aufgaben, Merkmale und hervortretenden Vorteile der vorliegenden Erfindung lassen sich einfacher durch Lesen der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen davon im Zusammenhang mit beispielhafter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen verstehen.

### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Im Verlauf der Beschreibung, die nun folgt, wird auf die Zeichnungen Bezug genommen. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Funktionsblockschaltbild, welches konzeptionell und schematisch eine grundlegende Konfiguration eines Brennkraftmaschinensystems zeigt, welches mit einem Ventilzeitsteuerungssystem gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgerüstet ist;

Fig. 2 ein Blockschaltbild, das eine Konfiguration einer elektronischen Steuereinheit (ECU) zeigt, die in das Ventilzeitsteuerungssystem gemäss einer Ausführungsform der Erfindung eingebaut ist;

Fig. 3 Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des Ventilzeitsteuerungssystems gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 ein Flussdiagramm zum Erläutern einer Lernprozedur, die von der elektronischen Steuereinheit ausgeführt wird, die in das Ventilzeitsteuerungssystem gemäss der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingebaut ist;

Fig. 5 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Initialisierungsbetriebs, der unmittelbar nach Einschalten des Ventilzeitsteuerungssystems durch die elektronische Steuereinheit ausgeführt wird, gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 6 ein Zeitsteuerungsdiagramm zum Darstellen eines Initialisierungsbetriebs, der unmittelbar nach dem Einschalten des Ventilzeitsteuerungssystems ausgeführt wird, gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 7 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines anderen Initialisierungsbetriebs, der von dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgeführt wird;

Fig. 8 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines anderen Initialisierungsbetriebs, der von dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgeführt wird;

Fig. 9 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines anderen Initialisierungsbetriebs, der unmittelbar nach der Wiederherstellung von einem Abnormalitätsauftrittszustand auf einen normalen Zustand durch das Ventilzeitsteuerungssystem gemäss der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird;

Fig. 10 ein schematisches Diagramm, welches allgemein eine Konfiguration eines Benzinmaschinensystems zeigt, das mit einem herkömmlichen variablen Ventilzeitsteuermechanismus ausgerüstet ist, der bislang bekannt ist;

Fig. 11 eine Seitenansicht, die teilweise im Querschnitt

Strukturen eines herkömmlichen variablen Ventilzeitsteuermechanismus und eines herkömmlichen Ölsteuerventils zeigt;

Fig. 12 eine Teilquerschnittsansicht zum Darstellen eines Betriebs des in Fig. 11 gezeigten herkömmlichen variablen Ventilzeitsteuermechanismus;

Fig. 13 eine Querschnittsansicht entlang einer Linie X-X in Fig. 11 und gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet wird;

Fig. 14 eine Teilquerschnittsansicht zum Darstellen einer Versetzung einer Schiebepatte, die einen Teil des herkömmlichen in Fig. 11 gezeigten variablen Ventilzeitsteuermechanismus bildet;

Fig. 15 eine Querschnittsansicht entlang einer Linie Y-Y in Fig. 11 und gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet ist;

Fig. 16 eine Querschnittsansicht entlang einer Linie Z-Z in Fig. 11 und gesehen in der Richtung, die mit den Pfeilen angedeutet ist;

Fig. 17 eine Ansicht zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ölsteuerventils für den Fall, dass ein Steuerstrom dafür kleiner als ein Referenzwert ist;

Fig. 18 eine Ansicht zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ölsteuerventils für den Fall, dass der Steuerstrom dafür gleich zu dem Referenzwert ist;

Fig. 19 eine Ansicht zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ölsteuerventils für den Fall, dass der Steuerstrom dafür größer als der Referenzwert ist;

Fig. 20 ein charakteristisches Diagramm zum Darstellen einer Beziehung zwischen dem Steuerstrom, der durch ein lineares Solenoid eines herkömmlichen Ölsteuerventils fließt, und einer Änderungsrate in der tatsächlichen Ventilsteuerzeit;

Fig. 21 ein charakteristisches Diagramm zum Darstellen von Veränderungen der Beziehung zwischen dem Steuerstrom, der durch das lineare Solenoid des herkömmlichen Ölsteuerventils fließt, und der Änderungsrate in der tatsächlichen Ventilsteuerzeit;

Fig. 22 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen von allgemeinen zeitabhängigen Änderungen eines Kurbelwinkelsignals, eines Nockenwinkelsignals bzw. einer gewünschten Ventilsteuerzeit;

Fig. 23 ein Blockschaltbild, welches schematisch eine interne Konfiguration einer elektronischen Steuereinheit zeigt, die in einem herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystem für eine bislang bekannte Brennkraftmaschine verwendet wird;

Fig. 24 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystems;

Fig. 25 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystems;

Fig. 26 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystems;

Fig. 27 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystems für eine bislang bekannte Brennkraftmaschine;

Fig. 28 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs des herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystems;

Fig. 29 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs, das von dem herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar nach dem Schließen eines Schlüsselschalters ausgeführt wird;

Fig. 30 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs, der von dem herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters ausgeführt wird;

Fig. 31 ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen eines Betriebs, der von dem herkömmlichen Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar nach Wiederherstellung von einem Abnor-

malitätsauftrittszustand auf einen normalen Betriebszustand ausgeführt wird.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Nun wird die vorliegende Erfindung eingehend im Zusammenhang mit denjenigen Funktionen beschrieben, die gegenwärtig als bevorzugte oder typische Ausführungsformen davon angesehen werden, und zwar unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. In der folgenden Beschreibung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Teile überall in den verschiedenen Ansichten.

### Ausführungsform 1

Nun wird das Ventilzeitsteuerungssystem für die Brennkraftmaschine gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Fig. 1 ist ein Funktionsblockschaltbild, welches konzeptionelle und nur schematisch eine grundlegende Konfiguration eines Brennkraftmaschinensystems zeigt, das mit dem Ventilzeitsteuerungssystem der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgerüstet ist. Insbesondere sind verschiedene Funktionsmodule, die von Programmen realisiert werden können, die im Inneren eine elektronische Steuereinheit (ECU) 100A ausgeführt werden, die einen Hauptteil des Ventilzeitsteuerungssystems bildet, in Fig. 1 dargestellt.

An dieser Stelle sei hinzugefügt, dass die Anordnung einschließlich des variablen Ventilzeitsteuerungs-(VVT-)Systems oder des Mechanismus, auf die die Lehren der Erfindung, die in der vorliegenden Ausführungsform umgesetzt sind, angewendet werden können, im wesentlichen die gleiche oder ähnlich zu derjenigen ist, die in Fig. 10 gezeigt ist, wobei der Unterschied in verschiedenen Teilen des Programms oder der Programme, das/die von einem Mikrocomputer 101A (Fig. 2) ausgeführt wird/werden, der in die elektronische Steuereinheit 100A eingebaut ist, ist.

Ferner sind die grundlegenden Operationen des variablen Ventilzeitsteuerungs-(VVT-)Systems oder Mechanismus sowie die Peripheriegeräte davon im wesentlichen die gleichen wie diejenigen, die voranstehend unter Bezugnahme auf Fig. 11-22 beschrieben wurden. Dementsprechend wird eine wiederholte Beschreibung diesbezüglich nicht erforderlich sein. Zusätzlich werden Teile oder Komponenten, die die gleichen oder äquivalent zu denjenigen sind, die voranstehend beschrieben wurden (siehe Fig. 10) mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine wiederholte ausführliche Beschreibung davon wird weggelassen.

Bezugnehmend auf Fig. 10 umfasst die elektronische Steuereinheit (ECU) 100A einen Maschinenbetriebszustands-Erfassungseinrichtung 201 zum Erfassen der Maschinenbetriebszustände D der Brennkraftmaschine auf Grundlage von Ausgangssignalen der verschiedenen Sensoren (siehe Fig. 10), eine Arithmetikeinrichtung 202 für eine gewünschte Ventilsteuerzeit zum arithmetischen Bestimmen einer gewünschten Ventilsteuerzeit To für wenigstens das Einlassventil 17 und/oder das Auslassventil 18 in Abhängigkeit von dem erfassten Maschinenbetriebszustand D, und eine Erfassungseinrichtung 203 für eine tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erfassen einer tatsächlichen Ventilsteuerzeit Ta für wenigstens das Einlassventil 17 und/oder das Auslassventil 18.

Zusätzlich umfasst die elektronische Steuereinheit 100A eine Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erzeugen einer ersten Steuergröße (eines Stroms i des linearen Solenoids) für den variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 auf Grundlage der Steuerzeitabwei-

chung ER zwischen der tatsächlichen Ventilsteuerzeit Ta und der gewünschten Ventilsteuerzeit To, eine integrale Steuereinrichtung 205 zum arithmetischen Bestimmen eines integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  zum Korrigieren der ersten Steuergröße, d. h. des Stroms i des linearen Solenoids, durch Integrieren der Steuerzeitabweichung ER, und eine Lerneinrichtung 206 zum Ableiten eines gelernten Werts LRN einer zweiten Steuergröße, d. h. eines Haltestroms ih, der zum Halten der tatsächlichen Ventilsteuerzeit Ta benötigt wird, auf Grundlage des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$ .

Überdies umfasst die elektronische Steuereinheit 100A eine Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207, um als eine Initialisierungsbedingung den Maschinenbetriebszustand zu erfassen, bei dem der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  initialisiert werden soll, und eine Initialisierungseinrichtung 208 zum Initialisieren des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf einen optimalen Wert, der dem Maschinenbetriebszustand angepasst ist, wenn die Initialisierungsbedingung erfasst wird.

Die Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit ist ausgelegt oder programmiert, um den Strom i des linearen Solenoids auf Grundlage des gelernten Werts LRN zu korrigieren.

Die integrale Steuereinrichtung 205 ist dafür ausgelegt oder programmiert, um den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  um ein Inkrement des gelernten Werts LRN zu verkleinern, während der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  um ein Dekrement des gelernten Werts LRN auf eine Aktualisierung des gelernten Werts LRN hin erhöht wird.

Die Lerneinrichtung 206 ist dafür ausgelegt oder programmiert, um den gelernten Wert LRN auf Grundlage eines durchschnittlichen oder gemittelten Werts (oder alternativ eines gefilterten Werts, der nachstehend noch beschrieben wird) des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  arithmetisch zu bestimmen. Beispielsweise kann die Lerneinrichtung 206 so ausgelegt oder programmiert werden, dass sie den gelernten Wert LRN auf Grundlage eines gemittelten Werts der integralen Korrekturwerte  $\Sigma Ki$  abgetastet bei mehreren Zeitpunkten nach einer Invertierung der erhöhenden oder verkleinernden Richtung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf die verkleinernde oder erhöhende Richtung davon arithmetisch bestimmt. Zusätzlich kann die Lerneinrichtung 206 auch so ausgelegt sein, dass sie einen Teil des Mittelwerts der integralen Korrekturwerte  $\Sigma Ki$  auf den gelernten Wert LRN reflektiert und das Verhältnis einer Reflektion des Mittelwerts der integralen Korrekturwerte  $\Sigma Ki$ , die auf den gelernten Wert LRN reflektiert sind, so variabel einstellt, dass das Reflektionsverhältnis abnimmt, wenn der Lernprozess fortschreitet.

Die Lerneinrichtung 206 umfasst einen Zähler für den Lernprozess (nachstehend auch als der Lernzähler bezeichnet) CLRN zum Sammeln des gelernten Werts LRN in einem Konvergenzzustand, bei dem die gewünschte Ventilsteuerzeit To zum Beispiel im wesentlichen konstant ist, wobei die Steuerzeitabweichung ER kleiner als ein vorgegebener Wert E1 ist.

Der variable Ventilsteuerzeitmechanismus 40 wird von dem Ölsteuerventil (OCV) 80 wie voranstehend im Zusammenhang mit dem herkömmlichen System beschrieben, angetrieben, wodurch wenigstens das Einlassventil 17 und/oder das Auslassventil 18 bezüglich der Ventilöffnungs-/Schließungs-Steuerzeit variabel gesteuert wird.

Andererseits ist die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207 so ausgelegt oder programmiert, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit unmittelbar nach der Energiezuführung an die elektronische Steuereinheit 100A, die einen Teil des Ventilzeitsteuerungssystems bildet, erfasst, während die Initialisierungseinrichtung

208 so ausgelegt oder programmiert ist, dass sie den Anfangswert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf einen negativen Wert einstellt.

Insbesondere stellt die Initialisierungseinrichtung 208 den anfänglichen Wert des gelernten Werts auf einen Mittelwert im Design (der gleich zu 0,5 Ampere ist) ein, wenn der gelernte Wert noch nicht bestimmt oder eingerichtet worden ist (d. h. wenn der gelernte Wert LRN in einem nicht-gelernten Zustand ist), während der anfängliche Wert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf einen negativen Wert eingestellt wird. Wenn im Gegensatz dazu der gelernte Wert LRN bereits bestimmt worden ist oder verfügbar ist, dann stellt die Initialisierungseinrichtung 208 den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf "0" (Null) ein.

Ferner kann die Initialisierungseinrichtung 208 so ausgelegt oder programmiert sein, dass sie den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf einen Wert einstellt, der gleich zu oder größer als ein unterer Grenzwert  $\beta$  eines vorgegebenen Bereichs ist und der gleich oder kleiner als Null "0" ist (z. B. der untere Grenzwert  $\beta$  des vorgegebenen Bereichs) ist, wenn die integrale Steuereinrichtung 205 eine Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  auf einen Wert innerhalb des voranstehend erwähnten vorgegebenen Bereichs umfasst.

Für den Fall, dass die integrale Steuereinrichtung 205 die Begrenzungseinrichtung für den integralen Korrekturwert umfasst, wie eben voranstehend beschrieben, kann die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207 überdies so ausgelegt oder programmiert sein, dass sie als eine Initialisierungsbedingung die Steuerzeit oder den Zeitpunkt erfasst, bei dem sich der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  zum ersten Mal ändert, nachdem er kontinuierlich über eine vorgegebene Zeit  $\tau$  mit einem oberen Grenzwert  $\alpha$  oder dem unteren Grenzwert  $\beta$  des vorgegebenen Bereichs (d. h. der Steuerzeit oder dem Zeitpunkt unmittelbar nach der Wiederherstellung von einem Abnormalitätsauftrittszustand auf einen normalen Betriebszustand) übereinstimmend geblieben ist, zusätzlich zu der voranstehend beschriebenen Initialisierungsbedingung (d. h. der Steuerzeit oder dem Zeitpunkt, der der Einschaltung der Energiezuführung an die elektronische Steuereinheit 100A) unmittelbar folgt.

Fig. 2 ist ein Blockschaltbild, das eine interne Konfiguration der elektronischen Steuereinheit 100A gemäss der vorliegenden Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In dieser Figur sind Teile oder Komponenten, die die gleichen oder äquivalent zu denjenigen sind, die voranstehend unter Bezugnahme auf Fig. 23 beschrieben wurden, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine wiederholte ausführliche Beschreibung davon wird weggelassen.

Wie sich aus einem Vergleich der Fig. 2 mit Fig. 23 ergeben lässt, unterscheidet sich die elektronische Steuereinheit 100A von der in Fig. 23 gezeigten elektronischen Steuereinheit 100 nur in der Hinsicht, dass eine Reserve-Energieschaltung 118 zusätzlich vorgesehen ist. Überdies wird (werden) ein Steuerprogramm (Steuerprogramme) sowie relevante Daten, die in Fig. 4 dargestellt und voranstehend beschrieben wurden, in einem ROM (Nur-Lese-Speicher) 103A gespeichert, der in dem Mikrocomputer 101A eingebaut ist.

Die Reserve(Backup)-Energieschaltung 118 ist direkt mit einem Ausgangsanschluss einer Batterie 116 ohne Zwischenordnung des Schlüsselschalters 117 verbunden, wodurch eine von der Batteriespannung abgeleitete Konstantspannung an das RAM 104 geführt wird. Somit kann das RAM 104 bei der konstanten Spannung arbeiten, die von der Reserve-Energieschaltung 118 zugeführt wird, wodurch die in dem RAM 104 gespeicherten Inhalte selbst dann gehalten werden können, wenn der Schlüsselschalter 117 in dem ge-

öffneten Zustand (Aus-Zustand) ist.

Als nächstes richtet sich die Beschreibung unter Bezugnahme auf das in Fig. 3 gezeigte Zeitablaufdiagramm auf einen Haltestrom-Lern/Steuerbetrieb in dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäss der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung.

Wenn unter Bezugnahme auf Fig. 3 der Absolutwert der Steuerzeitabweichung ER der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  von der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  gleich oder größer als ein vorgegebener Wert E1 (z. B. 1° in Einheiten des Kurbelwinkels oder CA abgekürzt) ist, dann kann der Strom  $i$  des linearen Solenoids arithmetisch gemäss der folgenden Gleichung (9) ausgedrückt werden:

$$i = KP \times ER + \Sigma Ki + LRN + 0,5[A] \quad (9)$$

Die obige Gleichung (9) entspricht der voranstehend im Zusammenhang mit dem herkömmlichen System erwähnten Gleichung (6), außer dass der gelernte Wert LRN des Haltestroms für den linearen Solenoidstrom  $i$  zusätzlich berücksichtigt wird. Die Lerneinrichtung 206 ist dabei ausgelegt, den gelernten Wert LRN auf Grundlage des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  zu sammeln, um dem integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  zu ermöglichen, im wesentlichen auf Null zu konvergieren, wie nachstehend noch mit näheren Einzelheiten beschrieben wird. Der gelernte Wert LRN konvergiert im wesentlichen auf einen Wert (z. B.  $i_h - 0,5 A$ ), der durch Subtrahieren des Referenzwerts von dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  erhalten wird.

Ferner kann der Term  $\Sigma Ki$ , der in der Gleichung (9) auftritt, arithmetisch gemäss der folgenden Gleichung (10) bestimmt werden:

$$\Sigma Ki \leftarrow \Sigma Ki + \Delta Ki \text{ wenn } ER \geq 0, \text{ und}$$

$$\Sigma Ki \leftarrow \Sigma Ki - \Delta Ki \text{ wenn } ER < 0 \quad (10)$$

Die obige Gleichung (10) entspricht der voranstehend erwähnten Gleichung (7), wobei ein Inkrementierungs/Dekrementierungs-Wert  $\Delta Ki$  für den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  auf einen konstanten Wert (z. B. 0,1 mA) unabhängig von der Größe der Steuerzeitabweichung ER eingestellt wird.

Wenn andererseits der Absolutwert der Steuerzeitabweichung ER kleiner als ein vorgegebener Wert E1 ist, dann kann der lineare Solenoidstrom  $i$  arithmetisch gemäss der folgenden Gleichung (11) bestimmt werden:

$$i = \Sigma Ki + LRN + 0,5[A] \quad (11)$$

Die obige Gleichung (11) entspricht der voranstehend erwähnten Gleichung (9), außer dass der proportionale Steuerwert ( $KP \times ER$ ) von der Gleichung (9) gelöscht ist.

Genauer gesagt wird in dem Zustand, bei dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  im wesentlichen auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  konvergiert ist (d. h. in dem Zustand, bei dem  $|ERI| < E1$  ist), die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  stabil unter Bezugnahme auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  gesteuert. Diesbezüglich wird die proportionale Steuerung ( $KP \times ER$ ) auf Grundlage der Steuerzeitabweichung ER ungültig gemacht, um dadurch zu bewirken, dass sich die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  nur über die integrale Steuerwirkung ( $\Sigma Ki$ ) ändert.

Durch die voranstehend beschriebene Steuerprozedur wird die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  so geändert, dass sie auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  in Abhängigkeit von der Änderung der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  konvergiert.

Jedoch kann in dem Konvergenzzustand, bei dem die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_0$  im wesentlichen konstant ist und der Absolutwert der Steuerzeitabweichung  $ER$  kleiner als der vorgegebene Wert  $E_1$  ist, der lineare Solenoidstrom  $i$ , der gemäss der voranstehend erwähnten Gleichung (11) bestimmt wird, so angesehen werden, dass er im wesentlichen den tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  anzeigt. Demzufolge führt die Lerneinrichtung 206 die Lernprozedur zum Sammeln des gelernten Werts  $LRN$  auf Grundlage des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  wie voranstehend beschrieben aus.

Zunächst inkrementiert die Lerneinrichtung 206 den Lernzähler  $CLRN$  um "1" (Eins) an einem Zeitpunkt  $t_1$ , zu dem das Vorzeichen der Steuerzeitabweichung  $ER$  nachfolgend zu dem Zustand, bei dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  im wesentlichen auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_0$  konvergiert ist, invertiert wird.

Wenn der Wert des Lernzählers  $CLRN$  "1" ist, wird der integrale Korrekturwert  $\Sigma KiA$  an dem Zeitpunkt  $t_1$  in diesem Fall als ein Spitzenwert  $P_i$  des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  gespeichert.

Der Wert des Lernzählers  $CLRN$  wird auf Null zurückgesetzt, außer wenn die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_0$  konstant ist oder wenn der Absolutwert der Steuerzeitabweichung  $ER$  kleiner als der vorgegebene Wert  $E_1$  ist. Somit zeigt der Wert des Lernzählers  $CLRN$  die Anzahl an, wie oft das Vorzeichen  $FER$  der Steuerzeitabweichung  $ER$  eine Invertierung durchlaufen hat, nachdem der Konvergenzzustand erreicht worden ist.

Wenn der voranstehend erwähnte Konvergenzzustand weiter vorherrscht und wenn das Vorzeichen  $FER$  der Steuerzeitabweichung  $ER$  wieder an einem Zeitpunkt  $t_2$  nach dem Zeitpunkt  $t_1$  invertiert wird, inkrementiert die Lerneinrichtung 206 zusätzlich den Lernzähler  $CLRN$  um "1" (Eins).

Wenn in diesem Fall der Wert des Lernzählers  $CLRN$  gleich oder größer als "2" ist, wird ein mittlerer Wert  $(\Sigma KiA + \Sigma KiB)/2$  des integralen Korrekturwerts  $\Sigma KiB$  an dem Zeitpunkt  $t_2$  und des vorangehenden Spitzenwerts  $P_i$  des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  ( $= \Sigma KiA$ ) als eine integrale Korrekturwertabweichung (d. h. Abweichung des integralen Korrekturwerts)  $DEV$  gespeichert.

Um einen Teil der Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts in dem gelernten Wert  $LRN$  zu reflektieren, wird überdies die Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts mit einem Aktualisierungskoeffizienten  $KL$  ( $\leq 1$ ) multipliziert, um dadurch arithmetisch das Produkt  $(DEV \times KL)$  zu bestimmen, dass dann zu dem gelernten Wert  $LRN$  addiert wird.

Anders ausgedrückt, wenn das Vorzeichen  $FER$  der Steuerzeitabweichung  $ER$  zwei oder mehrere Male in dem Zustand invertiert worden ist, bei dem die Existenz des Konvergenzzustands fort dauert, wird der gelernte Wert  $LRN$  bei jeder Invertierung des Vorzeichens  $FER$  der Steuerzeitabweichung  $ER$  aktualisiert. Demzufolge nimmt der Spitzenwert  $P_i$  des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$ , der an dem Zeitpunkt  $t_2$  gespeichert ist, einen Wert  $\Sigma KiC$  an, der in Fig. 3 gezeigt ist.

Wenn in ähnlicher Weise das Vorzeichen  $FER$  der Steuerzeitabweichung  $ER$  nur einmal an einem Zeitpunkt  $t_3$  invertiert wird, dann inkrementiert die Lerneinrichtung 206 zusätzlich den Zählwert des Lernzählers  $CLRN$  um "1" (Eins), woraufhin ein gemittelter Wert  $(\Sigma KiC + \Sigma KiD)/2$  zwischen dem integralen Korrekturwert  $\Sigma KiD$  an dem Zeitpunkt  $t_3$  und dem vorangehenden Spitzenwert  $P_i$  ( $= \Sigma KiC$ ) des integralen Korrekturwerts als die Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts gespeichert wird.

Um einen Teil der Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts in dem gelernten Wert  $LRN$  zu reflektieren, wird

die Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts mit dem Aktualisierungskoeffizienten  $KL$  multipliziert, woraufhin das Produkt, das sich aus der Multiplikation ergibt, zu dem gelernten Wert  $LRN$  hinzuaddiert wird.

Der Aktualisierungskoeffizient  $KL$  wird um einen vorgegebenen Wert  $\Delta KL$  (z. B. 0,1) jedes Mal dann dekrementiert, wenn der gelernte Wert  $LRN$  aktualisiert wird, bis ein unterer Grenzwert  $KL_m$  (z. B. 0,2) des Aktualisierungskoeffizienten  $KL$  erhalten worden ist. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Aktualisierungskoeffizient  $KL$  auf einen vorgegebenen Wert  $KL_0$  (z. B. 1,0) auf jedes Einschalten der elektronischen Steuereinheit 100A hin, wobei der Schlüsselschalter 117 geschlossen wird, initialisiert wird.

Obwohl das Verhältnis, bei dem die Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts in dem Lernwert  $LRN$  reflektiert wird, an einem Zeitpunkt hoch ist, der unmittelbar dem Schließen oder Einschalten des Schlüsselschalters 117 folgt, nimmt das voranstehend erwähnte Verhältnis allmählich ab, wenn der Lernprozess fortschreitet.

Somit kann der gelernte Wert  $LRN$  schnell veranlasst werden, nahe auf den tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters 117, d. h. an dem Zeitpunkt, bei dem die Wahrscheinlichkeit, dass der gelernte Wert  $LRN$  sich von dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  unterscheidet, hoch ist, konvergieren.

In dem Zustand, bei dem der gelernte Wert  $LRN$  nahe zu dem Haltestrom  $i_h$  wird, wenn der Lernprozess fortschreitet, ist es ferner möglich, eine Änderung des gelernten Werts  $LRN$  zu unterdrücken, selbst wenn sich der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  abnormal ändern sollte.

Da das Produkt, welches sich aus der Multiplikation der Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts mit dem Aktualisierungskoeffizienten  $KL$  ergibt, von dem integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  auf eine Aktualisierung des gelernten Werts  $LRN$  hin subtrahiert wird, kann eine Summe des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts  $LRN$  vor und nach der Aktualisierung des gelernten Werts  $LRN$  unverändert bleiben.

In diesem Fall wird der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$ , der der Subtraktion unterzogen worden ist, z. B. der in Fig. 3 gezeigte integrale Korrekturwert  $\Sigma KiC$ , als der Spitzenwert  $P_i$  des integralen Korrekturwerts zu dem Zeitpunkt  $t_2$  gespeichert, um so für die arithmetische Bestimmung der Abweichung  $DEV$  des integralen Korrekturwerts auf eine nachfolgende Invertierung des Vorzeichens der Steuerzeitabweichung  $ER$  an einem Zeitpunkt  $t_3$  verwendet zu werden.

Durch Wiederholen der voranstehend beschriebenen Vorgänge kann der gelernte Wert  $LRN$  auf einen Wert ( $i_h - 0,5$  Ampere), der durch Subtrahieren des Referenzwerts von dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  erhalten wird, konvergieren, während der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  auf Null konvergieren kann.

Weil der gelernte Wert  $LRN$  in dem RAM 104 gespeichert und gehalten wird, welches kontinuierlich elektrische Energie von der Reserve-Energieschaltung 118 während der Zeitperiode erhält, für die jeder Schlüsselschalter 117 geöffnet ist, kann ferner die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  veranlasst werden, schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_0$  sogar an einem Zeitpunkt unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters 117 zu konvergieren.

Überdies wird der gelernte Wert  $LRN$  auf Null initialisiert, unmittelbar nachdem die Batterie 116 verbunden wird. Als nächstes werden unter Bezugnahme auf die in den Fig. 4 und 5 gezeigten Flussdiagramme die voranstehend erwähnten Betriebsvorgänge mit näheren Einzelheiten hervorgehoben.

Fig. 4 zeigt in einem Flussdiagramm oder einem Programm, welches von der in dem Mikrocomputer 101A

(siehe Fig. 2) eingebauten CPU 102 periodisch bei einem Zeitintervall von 25 ms ist (d. h. bei jedem Ablauf von 25 ms) ausgeführt wird.

Wie sich der Fig. 4 entnehmen lässt werden die Schritte S5 und S6, die voranstehend unter Bezugnahme auf Fig. 27 beschrieben wurden, durch die Schritte S10 bis S31 ersetzt. Überdies werden die Verarbeitungsschritte, die die gleichen oder äquivalenten wie diejenigen sind, die voranstehend beschrieben wurden, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine wiederholte ausführliche Beschreibung davon wird weggelassen.

Die in Fig. 5 gezeigte Routine unterscheidet sich von der unter Bezugnahme auf Fig. 28 voranstehend beschriebenen darin, dass die Schritte S40 und S41 zusätzlich vorgesehen sind.

Unter Bezugnahme auf Fig. 4 holt der Mikrocomputer 201A die Betriebszustandssignale wie die Kurbelwinkelsignalperiode T, die Maschinendrehzahl NE, die Phasendifferenzzeit  $\Delta T$ , den Ansaugluftfluss Q, den Drosselöffnungsgrad  $\theta$  und die Kühlwassertemperatur W. Überdies entspricht der Schritt S1 der Maschinenbetriebszustands-Erfassungseinrichtung 201, die in Fig. 1 gezeigt ist.

Ferner werden in den Schritten S2 und S3 die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  und die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  jeweils arithmetisch bestimmt und dann wird die Steuerzeitabweichung ER gemäß dem Ausdruck (4) berechnet, der voranstehend erwähnt wurde, in einem Schritt S4 überdies entsprechen die Schritte S2 und S3 der Erfassungseinrichtung 203 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit bzw. der Arithmetikeinrichtung 202 für die gewünschte Ventilsteuerzeit, die in Fig. 1 gezeigt sind.

Danach wird nach Abschluss des Verarbeitungsschritts S4 das Abweichungsvorzeichen (d. h. das Vorzeichen der Steuerzeitabweichung) FER für das vorangehende Abweichungsvorzeichen FERb in einem Schritt S10 platziert, dem dann ein Entscheidungsschritt SL folgt, wo eine Entscheidung dahingehend getroffen wird, ob die Steuerzeitabweichung ER gleich oder größer als Null ist.

Wenn der Entscheidungsschritt S11 dazu führt, dass  $E \geq 0$  ist (d. h. Bestätigung oder "JA"), dann wird das Abweichungsvorzeichen FER in einem Schritt S12 auf "1" (Eins) eingestellt, wohingegen dann, wenn  $ER < 0$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S11 zu einer Negation oder "NEIN" führt), das Abweichungsvorzeichen FER auf "0" (Null) in einem Schritt S13 zurückgesetzt wird.

Durch die Verarbeitungen in den Schritten S10 bis S13 wird das Vorzeichen der gegenwärtigen Steuerzeitabweichung ER als das Abweichungsvorzeichen FER gespeichert, während das Vorzeichen der Steuerzeitabweichung ER an dem um 25 ms vorangehenden Zeitpunkt als das vorangehende Abweichungsvorzeichen FERb gespeichert wird.

Nach Ausführung der Verarbeitungsschritte S12 und S13 wird eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob das Abweichungsvorzeichen FER "1" ist oder nicht, in einem Schritt S14. Wenn diese Entscheidung zeigt, dass  $FER = 1$  ist (d. h. wenn die Antwort des Entscheidungsschritts S14 "ja" ist), bedeutet dies, dass die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  relativ zu der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  zurückverlegt ist. Demzufolge wird der Inkrementierungs/Dekrementierungswert  $\Delta K_i$  zu dem integralen Korrekturwert  $\Sigma K_i$  in einem Schritt S15 hinzuaddiert, woraufhin die Verarbeitung zu einem nachfolgenden Entscheidungsschritt S17 weitergeht.

Wenn andererseits in dem Schritt S14 entschieden wird, dass  $FER = 0$  ist (d. h. wenn die Antwort des Entscheidungsschritts S14 "NEIN" ist), bedeutet dies, dass die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  relativ zu der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  vorgerückt ist. Demzufolge wird der Inkrementie-

rungs/Dekrementierungswert  $\Delta K_i$  von dem integralen Korrekturwert  $\Sigma K_i$  in einem Schritt S16 subtrahiert, woraufhin die Verarbeitung zu einem nächsten Entscheidungsschritt S17 fortschreitet.

Überdies entsprechen die voranstehend erwähnten Schritte S15 und S16 der in Fig. 15 integralen Steuereinrichtung 205.

Der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  wird in dem in Fig. 5 gezeigten Schritt S8 unmittelbar auf das Schließen des Schließschalters 117 auf "0" initialisiert, um elektrische Energie an die elektronische Steuereinheit 100A zu führen.

Als nächstes wird ein gewünschter Ventilsteuerzeit-Statusentscheidungs-Referenzwert  $T_{or}$  als ein Referenzwert zum Durchführen einer Entscheidung dahingehend, ob die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  in einem konstanten Status ist oder nicht, eingestellt und dann wird entschieden, ob ein Absolutwert der Differenz zwischen der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$  und dem gewünschten Ventilsteuerzeit-Statusentscheidungs-Referenzwert  $T_{or}$  kleiner als ein vorgegebener Wert  $E2$  ist (z. B.  $0,5^\circ\text{CA}$ ), ist in einem Schritt S17.

Wenn im Schritt S17 entschieden wird, dass  $|T_o - T_{or}| \geq E2$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S17 zu "NEIN" führt), bedeutet dies, dass die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  nicht konstant ist. Demzufolge wird die gegenwärtige gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  als der Statusentscheidungs-Referenzwert  $T_{or}$  für die aktualisierte gewünschte Ventilsteuerzeit in einem Schritt S18 gespeichert, woraufhin der Lernzähler (d. h. der Zähler für den Lernprozess) CLRN in einem Schritt S19 auf Null zurückgesetzt wird. Die Verarbeitung kann nun zu einem Entscheidungsschritt S29 weitergehen, der voranstehend beschrieben wurde.

Wenn andererseits in dem Schritt S17 bestimmt wird, dass  $|T_o - T_{or}| < E2$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S17 zu "JA" führt), bedeutet dies, dass die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  im wesentlichen konstant ist. In diesem Fall wird dann eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob der Absolutwert der Steuerzeitabweichung ER kleiner als der vorgegebene Wert  $E1$  in einem Schritt S20 ist oder nicht.

Wenn in dem Schritt S20 eine Entscheidung dahingehend getroffen wird, dass  $|ER| \geq E1$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S20 zu einer Negation oder "NEIN" führt), dann geht die Verarbeitung zu dem Schritt S19, wo der Lernzähler CLRN auf Null zurückgesetzt wird. Wenn andererseits die Entscheidung im Schritt S20 zeigt, dass  $|ER| < E1$  ist (d. h. wenn das Ergebnis des Entscheidungsschritts S20 "JA" ist), bedeutet dies, dass die Bedingung, die das Lernen des Haltestroms  $i_h$  ermöglicht, erfüllt ist. Demzufolge wird in einem Schritt S21 eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob das Abweichungsvorzeichen FER mit dem vorangehenden Abweichungsvorzeichen SERb übereinstimmt oder nicht.

Wenn in dem Schritt S21, dass  $FER = FERb$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S21 zu "JA" führt), dann geht die Verarbeitung zu einem nachstehenden Entscheidungsschritt S29 weiter.

Wenn andererseits gefunden wird, dass  $FER \neq FERb$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S21 zu einer Negation "NEIN" führt), bedeutet dies, dass das Vorzeichen FER der Steuerzeitabweichung ER invertiert wird. Somit wird der Lernzähler CLRN um "1" in einem Schritt S22 inkrementiert, woraufhin eine Entscheidung dahingehend getroffen wird, ob der Wert des Lernzählers CLRN gleich ist oder größer als "2" ist oder nicht (Schritt S23).

Wenn in dem Schritt S23 entschieden wird, dass  $CLRN < 2$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S23 zu "NEIN" führt), dann geht die Verarbeitung zu einem Entscheidungsschritt S28, der nachstehend beschrieben wird, weil der Wert des Lernzählers CLRN "1" ist.

Wenn im Gegensatz dazu entschieden wird, dass  $CLRN \neq 2$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S23 zu "JA" führt, dann wird der Mittelwert  $(\Sigma Ki + Pi)/2$  zwischen dem integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  und dem Spitzenwert  $Pi$  des integralen Korrekturwerts arithmetisch bestimmt, um danach als die Abweichung DEV des integralen Korrekturwerts (nachstehend auch als die integrale Korrekturwertabweichung DEV bezeichnet) in einem Schritt S24 gespeichert zu werden.

Ferner wird ein Produkt  $(DEV \times KL)$ , welches sich aus der Multiplikation der integralen Korrekturwertabweichung DEV, mit dem Aktualisierungskoeffizienten KL ergibt zu dem gelernten Wert LRN hinzugefügt, um dadurch den gelernten Wert LRN zu aktualisieren (Schritt S25).

Überdies wird der gelernte Werte LRN auf "0" initialisiert, unmittelbar nachdem die Batterie 116 mit der elektronischen Steuereinheit 100A verbunden wird (Schritt S40 in Fig. 5).

Danach wird nach Ausführung des Schritts S25 der Wert  $(DEV \times KL)$ , der durch Multiplizieren der integralen Korrekturwertabweichung DEV mit dem Aktualisierungskoeffizienten KL erhalten wird, von dem integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  subtrahiert, um dadurch den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  zu aktualisieren (Schritt S26).

In ähnlicher Weise wird der vorgegebene Wert  $\Delta KL$  von dem Aktualisierungskoeffizienten KL subtrahiert, um dadurch den Aktualisierungskoeffizienten KL zu aktualisieren (Schritt S27). In diesem Fall ist der Aktualisierungskoeffizient KL auf den unteren Grenzwert  $KL_n$  beschränkt.

Überdies wird der Aktualisierungskoeffizient KL auf einen vorgegebenen Wert  $KLo$  in dem Schritt S41 aktualisiert, der in Fig. 5 gezeigt ist, unmittelbar nach der Anlegung der elektrischen Energie an die elektronische Steuereinheit 100A auf ein Schließen des Schlüsselschalters 117 hin.

Nach Ausführung des Schritts S27 oder dann, wenn eine Entscheidung gemacht wird, dass  $CLRN < 2$  in dem Schritt S23 ist (d. h. wenn der Schritt S23 zu "NEIN" führt), wird danach der gegenwärtige integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  als der Spitzenwert  $Pi$  des integralen Korrekturwerts in dem Schritt S28 gespeichert.

Überdies entsprechen die Schritte S17 bis S28, die voranstehend erwähnt wurden, funktionell der in Fig. 1 gezeigten Lerneinrichtung 206.

Zusätzlich, nach Ausführung des Schritts S19 oder S28 oder wenn entschieden wird, dass  $FER = FER_b$  in dem Schritt S21 ist (d. h. wenn der Schritt S21 zu "JA" führt), wird wiederum eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob der Absolutwert der Zeitsteuerungsabweichung ER kleiner als der vorgegebene Wert  $E1$  ist oder nicht, in einem Schritt S29.

Wenn in dem Entscheidungsschritt S29 befunden wird, dass  $IERI \geq E1$  ist (d. h. wenn die Antwort des Entscheidungsschritts S29 "NEIN" ist), dann bestimmt die Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilzeitsteuerung den linearen Solenoidstrom  $i$  des Ölsteuerventils (OCV) 80 gemäß des voranstehend erwähnten Ausdrucks (9) (Schritt S30).

Insbesondere addiert die Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit die Steuergröße  $(KP \times ER + 0,5 \text{ Ampère})$ , die arithmetisch gemäß der voranstehend erwähnten Gleichung (3) bestimmt wird, den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$ , der von der integralen Steuereinrichtung 205 erzeugt wird, und den Lernwert LRN, der von der Lerneinrichtung 206 erzeugt wird, zusammen, um dadurch die Summengröße als eine letzte und ultimative Steuergröße (d. h. den ultimativen linearen Solenoidstrom  $I$ ) auszugeben.

Wenn andererseits der Entscheidungsschritt S29 dazu führt, dass  $IERI < E1$  ist (d. h. wenn dieser Schritt S29 zu

"JA" führt), dann bestimmt die Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit arithmetisch den linearen Solenoidstrom  $i$  des Ölsteuerventils (OCV) 80 gemäß der voranstehend erwähnten Gleichung (11) (Schritt S31).

Genauer gesagt addiert die Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilzeitsteuerung den Haltestrom  $i_h (= \Sigma Ki + 0,5 A)$ , der gemäß der voranstehend erwähnten Gleichung (8) berechnet wird, und den gelernten Wert LRN zusammen, um dadurch die Summe, die aus der eben voranstehend erwähnten Addition erhalten wird, als die ultimative Steuergröße (d. h. den linearen Solenoidstrom  $i$ ) auszugeben.

Schließlich wird ein Tastverhältnissignal, welches den linearen Solenoidstrom  $i$  des Ölsteuerventils 80 darstellt, über den Ausgangsport 108 in dem voranstehend erwähnten Schritt S7 ausgegeben, woraufhin die in Fig. 4 dargestellte Verarbeitungsroutine zu einem Ende kommt.

Nebenbei gesagt entsprechen die Schritte S29 bis S31 und der voranstehend erwähnte Schritt S7 funktionell der Steuereinrichtung 204 für die tatsächliche Ventilsteuerzeit, die in Fig. 1 gezeigt ist.

Wie sich nun aus der vorangehenden Beschreibung entnehmen lässt, ist es durch Bereitstellen der Lerneinrichtung 206 zum Sammeln des gelernten Werts LRN der Steuergröße (linearer Solenoidstrom  $i$ ) entsprechend zu dem Haltestrom  $i_h$  für das Ölsteuerventil 80, um dadurch die Steuergröße unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters 117 zu korrigieren, möglich, dass die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  veranlasst wird, schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  zu konvergieren.

Weil ferner die integrale Steuereinrichtung 205 so angeordnet ist, dass sie den integralen Korrekturwert  $\Sigma Ki$  verkleinert oder vergrößert, um dadurch die Inkrementierung/Dekrementierungs-Größe des gelernten Werts LRN auf eine Aktualisierung des gelernten Werts LRN hin zu korrigieren, wird verhindert, dass sich die Steuergröße vor und nach der Aktualisierung des gelernten Werts LRN verändert, wodurch die Steuerung mit einer verbesserten Stabilität ausgeführt werden kann.

Durch eine derartige Anordnung der integralen Steuereinrichtung 205, dass der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  auf Grundlage des gelernten Werts LRN initialisiert wird, kann die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  konvergiert werden, selbst an einem Zeitpunkt unmittelbar nach dem Schließen des Schlüsselschalters 117.

Durch eine derartige Anordnung der Lerneinrichtung 206, dass der gelernte Wert LRN arithmetisch auf Grundlage des gemittelten Werts der vorangehenden integralen Korrekturwerte  $\Sigma Ki$  zum Sammeln durch Lernen des Mittelwerts der Halteströme  $i_h$  bestimmt wird, ist es zudem möglich, in positiver Weise eine Änderung des gelernten Werts LRN zu unterdrücken, selbst wenn der integrale Korrekturwert  $\Sigma Ki$  sich abnormal verändern sollte.

Aufgrund einer derartigen Anordnung der Lerneinrichtung 206, dass der gelernte Wert LRN arithmetisch auf Grundlage des Mittelwerts von mehreren vorangehenden integralen Korrekturwerten  $\Sigma Ki$  bestimmt wird, die jeweils an dem Zeitpunkt erhalten werden, wenn die Erhöhungs-/Verkleinerungs-Richtung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  (Abweichungsvorzeichen FER) invertiert wurde, ist es möglich, mit hoher Genauigkeit den Mittelwert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  innerhalb einer kurzen Zeit zu bestimmen. Wenn ferner sich die integralen Korrekturwerte  $\Sigma Ki$  nur in eine Richtung aufgrund irgendeiner Abnormalität verändern, kann ein fehlerhaftes Lernen ausgeschlossen werden, obwohl eine Bestimmung des gelernten Werts LRN unmöglich ist.

Da ferner die Lerneinrichtung 206 so ausgelegt ist, dass



sie einen Teil des Mittelwerts der integralen Korrekturwerte  $\Sigma K_i$  in dem gelernten Wert LRN reflektiert, kann der gelernte Wert LRN gegenüber einer Änderung selbst dann geschützt werden, wenn der Mittelwert der integralen Korrekturwerte  $\Sigma K_i$  sich abnormal ändern sollten.

Auf Grundlage einer derartigen Anordnung, dass die Lerneinrichtung 206 das Verhältnis einer Reflektion des Mittelwerts der integralen Korrekturwerte  $\Sigma K_i$  in dem gelernten Wert LRN verkleinert, wenn der Lernprozess fortschreitet, kann der gelernte Werte LRN unmittelbar nach Schließen des Schlüsselschalters 117, bei dem die Wahrscheinlichkeit, dass der gelernte Wert LRN von dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  abweicht, hoch ist, schnell nahe zu dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  gemacht werden kann. Wenn der gelernte Wert LRN wenigstens ungefähr gleich zu dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  wird, wenn der Lernprozess fortschreitet, kann der gelernte Wert LRN dann gegenüber einer Änderung selbst dann, wenn sich der Mittelwert der integralen Korrekturwerte  $\Sigma K_i$  abnormal ändern sollte, geschützt werden.

Weil die Lerneinrichtung 206 so ausgelegt ist, dass sie den gelernten Wert LRN in dem Ventilzeitsteuerungs-Konvergenzstatus sammelt, kann der Lernprozess in dem Zustand ausgeführt werden, bei dem die Steuergröße (der lineare Solenoidstrom  $i$ ) nahe zu dem tatsächlichen Haltestrom  $i_h$  ist. Somit kann das fehlerhafte Lernen des Haltestrom  $i_h$  ausgeschlossen werden.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf die Fig. 6 bis 9 eine konkretere Beschreibung des Initialisierungsbetriebs vorgenommen, der von dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgeführt wird.

Zunächst wird unter Bezugnahme auf ein Zeitablaufdiagramm der Fig. 6 ein Initialisierungsbetrieb beschrieben, der unmittelbar nach dem Einschalten der Energieversorgung (d. h. nach dem Schließen des Schlüsselschalters) ausgeführt wird.

Wenn eine elektrische Energiezuführung gestartet wird, zum Beispiel auf ein Schließen des Schlüsselschalters 117 hin, wird dann ein Initialisierungsbedingungs-Erfassungssignal unmittelbar von der Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207 ausgegeben. Im Ansprechen auf das Initialisierungsbedingungs-Erfassungssignal führt die Initialisierungseinrichtung 208 eine Initialisierungsverarbeitung aus, wodurch der Anfangswert des gelernten Werts LRN auf einen mittleren Wert im Design (= 0,5 Ampere) eingestellt wird, während der Anfangswert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  auf einen negativen Wert eingestellt wird.

Selbst wenn in diesem Fall der anfängliche Wert des gelernten Werts LRN auf den Mittelwert im Design eingestellt ist, wird der lineare Solenoidstrom  $i$  von einem kleineren Stromwert als dem Mittelwert im Design (0,5 Ampere) ansteigen, wie in Fig. 6 gezeigt, weil der anfängliche Wert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  negativ ist.

Während einer Zeitperiode, in der die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  in Richtung auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  ansteigt, wird somit der lineare Solenoidstrom  $i$  unterdrückt. Andererseits startet der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$ , um allmählich von dem negativen Wert in Richtung auf Null anzusteigen.

Wenn der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  ansteigt, nähert sich die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  allmählich der gewünschten Ventilsteuerzeit  $T_o$ , während der lineare Solenoidstrom  $i$  allmählich absinkt, um auf den Haltestrom  $i_h$  zu konvergieren.

Selbst wenn der lineare Solenoidstrom  $i$  zum Halten der Phase des variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40

(d. h. des Haltestrom  $i_h$ ) kleiner als der Mittelwert im Design (0,5 Ampere) ist, wird demzufolge das Auftreten einer Überschwingung der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  auf eine Initialisierung hin verhindert, wodurch eine Erweiterung der Ventilüberlappung unterdrückt werden kann.

Wie sich aus den vorangehenden Ausführungen entnehmen lässt, kann gemäß der Lehren der vorliegenden Erfindung die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  unmittelbar nach dem Einschalten der elektronischen Steuereinheit 100A konvergiert werden, während ein Schutz des Maschinenbetriebsverhaltens und der Abgasqualität gegenüber einer Verschlechterung ohne Ausfall sichergestellt wird.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf ein in Fig. 9 gezeigtes Zeitablaufdiagramm zusammen mit den in den Fig. 7 und 8 gezeigten Flussdiagrammen eine genauere Beschreibung des Initialisierungsbedingungs-Erfassungsbetriebs durchgeführt, der unmittelbar nach Wiederherstellung des normalen Betriebszustands von dem Abnormalitätsauftrittszustand in dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung gültig gemacht wird.

Bezugnehmend auf Fig. 7 wird zunächst von der Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207 entschieden, ob die Energieversorgung für die elektronische Steuereinheit 100A aus dem Aus-Zustand in den Ein-Zustand geschaltet wird, um dadurch einen Zustand mit eingeschalteter Energieversorgung der elektronischen Steuereinheit unmittelbar nach Schließen des Schlüsselschalters zu bestimmen (Schritt S51).

Wenn der Zustand mit der eingeschalteten Energie in dem Schritt S1 bestimmt wird (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S51 zu der Bestätigung "JA" führt), wird eine Initialisierungsverarbeitung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  in einem Schritt S52 ausgeführt, um ein Abnormalitätsauftrittsflag FL (welches nachstehend noch beschrieben wird) auf "0" (Null) in einem Schritt S53 zu löschen, woraufhin die in Fig. 7 dargestellte Verarbeitungsroutine zu einem Ende kommt.

Wenn andererseits in dem Schritt S51 entschieden wird, dass der gegenwärtige Zeitpunkt nicht gerade nach der Energieeinschaltung ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S51 zu der Negation "NEIN" führt), dann wird die Verarbeitung zum Erfassen der Initialisierungsbedingung (Schritt S54 bis S59) ausgeführt, indem bestimmt wird, ob der gegenwärtige Zeitpunkt unmittelbar nach der Wiederherstellung auf den normalen Betriebszustand aus dem Abnormalitätsauftrittszustand ist oder nicht.

Zunächst wird eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  gleich zu dem oberen Grenzwert  $\alpha$  (Schritt S54) ist oder nicht. Wenn in dem Schritt S54  $\Sigma K_i \neq \alpha$  entschieden wird (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S54 zu der Negation "NEIN" führt), wird dann entschieden, ob der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  gleich zu dem unteren Grenzwert  $\beta$  ist oder nicht (Schritt S55).

Wenn in dem Schritt S55 entschieden wird, dass  $\Sigma K_i \neq \beta$  ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S55 zu der Negation "NEIN" führt), dann wird in einem Schritt S56 eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob das Abnormalitätsauftrittsflag FL auf "1" gesetzt ist oder nicht (d. h. ob der Abnormalitätsauftrittszustand bis zu dem vorangehenden Zyklus vorgeherrscht hat oder nicht).

Wenn in dem Schritt S56 entschieden wird, dass das Abnormalitätsauftrittsflag FL gleich zu "1" ist (FL = 1) (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S56 zu "JA" führt), bedeutet dies, dass der gegenwärtige Zeitpunkt unmittelbar nach der Wiederherstellung auf den normalen Betriebszustand aus dem Abnormalitätsauftrittszustand ist. Somit ist die Initialisierungsbedingung erfüllt. Demzufolge geht die Verarbei-

tung weiter zur Initialisierung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  (Schritt S52). Ansonsten (d. h. wenn  $FL = 0$  ist, wobei der Entscheidungsschritt S56 zu "NEIN" führt), bedeutet dies, dass der normale Betriebszustand vorherrscht. Somit wird die Verarbeitungsroutine, die in Fig. 7 gezeigt ist, intakt beendet.

Wenn andererseits der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  in dem festen Zustand ist und wenn die Bedingung, dass  $\Sigma K_i = \alpha$  oder  $\Sigma K_i = \beta$  ist, als gültig in dem Schritt S54 oder S55 entschieden wird (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S54 oder S55 zu "JA" führt), dann wird die Zeitdauer  $\gamma$  des festen Zustands in einem Schritt S57 gemessen. Danach wird in einem Schritt S58 entschieden, ob die Zeitdauer  $\gamma$  gleich oder größer als eine vorgegebene Zeit  $\tau$  ist oder nicht.

Wenn die Entscheidung in dem Schritt S58 dazu führt, dass die Zeitdauer  $\gamma$  gleich oder größer als die vorgegebene Zeit  $\tau$  ist (d. h. "JA" in dem Entscheidungsschritt S58), bedeutet dies, dass der Zustand, bei dem die integralen Korrekturwerte  $\Sigma K_i$  auf den oberen Grenzwert  $\alpha$  oder den unteren Grenzwert  $\beta$  jeweils festgelegt sind, über eine längere Zeitperiode als inklusive die vorgegebene Zeit  $\tau$  fortgedauert hat. Somit kann bestimmt werden, dass eine Abnormalität stattfindet. Demzufolge wird das Abnormalitätsauftrittsflag  $FL$  auf "1" in einem Schritt S59 gesetzt, woraufhin die in Fig. 7 dargestellte Verarbeitungsroutine zu einem Ende kommt.

An diesem Zeitpunkt, wenn sich der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  beginnt zu verändern oder sich ändert (d. h. wenn der feste Zustand gelöscht wird), kehrt die Verarbeitung zu dem Schritt S52 von dem voranstehend beschriebenen Schritt S56 zurück, woraufhin die Initialisierungsverarbeitung für den integralen Korrekturwert  $\Sigma K_i$  von der Initialisierungseinrichtung 208 ausgeführt wird.

Wenn in Gegensatz dazu in dem Schritt S58 bestimmt wird, dass die Zeitdauer  $\gamma$  kürzer als die vorgegebene Zeit  $\tau$  ist (d. h. "NEIN" in dem Entscheidungsschritt S58), bedeutet dies, dass der Zustand, bei dem der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  fest ist, nicht länger gedauert hat als die vorgegebene Zeit  $\tau$  inklusive. Dann wird die Verarbeitungsroutine, die in Fig. 7 dargestellt ist, beendet wie sie ist.

Fig. 8 ist ein Flussdiagramm zum konkreten Darstellen des Initialisierungsverarbeitungsschritts S52 in Fig. 7.

Unter Bezugnahme auf Fig. 8 bezieht sich die Initialisierungseinrichtung 208 zunächst auf ein gelerntes Flag (nicht gezeigt), welches an der Lerneinrichtung 206 eingestellt wird, um dadurch zu entscheiden, ob der gelernte Wert  $LRN$  verfügbar ist oder nicht (Schritt S61).

Wenn von der Initialisierungseinrichtung 208 in dem Schritt S61 entschieden wird, dass der gelernte Wert  $LRN$  nicht verfügbar ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S61 zu "NEIN" führt), dann wird der untere Grenzwert  $\beta$  als der Anfangswert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  gesetzt (Schritt S62). Wenn in Gegensatz dazu in dem Schritt S61 eine Entscheidung dahingehend getroffen wird, dass der gelernte Wert  $LRN$  verfügbar ist (d. h. wenn der Entscheidungsschritt S61 zu "JA" führt), dann wird der Anfangswert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  auf "0" (Null) gesetzt (Schritt S63), woraufhin die in Fig. 8 dargestellte Verarbeitungsroutine zu einem Ende kommt.

Fig. 9 ist ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen des Initialisierungsbetriebs auf eine Wiederherstellung auf den normalen Betriebszustand aus dem Abnormalitätsauftrittszustand hin und unter der Annahme, dass der normale Betriebszustand aus dem Zustand wiederhergestellt wird, bei dem der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  auf den oberen Grenzwert  $\alpha$  festgelegt ist.

Bezugnehmend auf Fig. 9, für den Fall, dass der Zustand, bei dem der variable Ventilzeitsteuerungs-(VVT)-Mecha-

nismus oder das Ölsteuerventil (OCV) 80 überhaupt nicht arbeitet, über die Fehlerauftrittsperiode  $\Gamma$  stattfindet, steigen der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  und der lineare Solenoidstrom  $i$  allmählich an.

Der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  wird dann an dem oberen Grenzwert  $\alpha$  über die Zeitdauer  $\gamma$  fixiert, wobei der lineare Solenoidstrom  $i$  auf einen maximalen Wert ( $= 1,0$  Ampere) festgelegt wird.

Wenn die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  beginnt sich im Ansprechen auf die Wiederherstellung des variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 und des Ölsteuerventils 80 auf den normalen Betriebszustand hin zu ändern, beginnt der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  von dem oberen Grenzwert  $\alpha$  abzufallen.

Demzufolge wird in dem Schritt S54 und S55, der in Fig. 7 dargestellt ist, eine Entscheidung dahingehend getroffen, dass der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  beginnt sich zu ändern. Wenn in diesem Fall in dem Schritt S58 und S59 entschieden wird, dass die Zeitdauer  $\gamma$  des festen Zustands bis zu der vorgegebenen Zeit  $\tau$  erweitert worden ist oder darüber hinaus gegangen ist, dann wird die Initialisierungsverarbeitung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  gestartet (Schritt S52).

Tatsächlich wird eine Initialisierungssteuerzeit  $t$  des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  nicht an dem Zeitpunkt bestimmt, an dem der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  beginnt sich von dem oberen Grenzwert  $\alpha$  zu ändern, sondern sie wird an einem Zeitpunkt bestimmt, an dem die Bedingung, dass  $\Sigma K_i \neq \alpha$  ist, erfasst wird.

Insbesondere wird die Initialisierungsverarbeitung des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  (Schritt S52) an dem Zeitpunkt gestartet, zu dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$  (d. h. die Initialisierungssteuerzeit  $t$ ) erreicht hat.

In Fig. 9 sei beispielsweise angenommen, dass der gelernte Wert  $LRN$  verfügbar ist, wobei der integrale Korrekturwert  $\Sigma K_i$  zwangsweise auf "0" (Null) eingestellt wird.

Somit endet der Überschwingungszustand der tatsächlichen Ventilsteuerzeit  $T_a$  in einer kurzen Zeit und konvergiert schnell auf die gewünschte Ventilsteuerzeit  $T_o$ , wodurch eine Verschlechterung des Betriebsverhaltens (beispielsweise einer Verbrennungsfähigkeit oder einer Abgasqualität) unterdrückt werden kann.

Es lässt sich nun ersehen, dass die Initialisierungseinrichtung 208 so angeordnet ist, dass sie die Initialisierungsverarbeitung für den gelernten Wert  $LRN$  und den integralen Korrekturwert  $\Sigma K_i$  in Abhängigkeit von dem Zustand des gelernten Werts  $LRN$  jedes Mal dann ausführt, wenn die Initialisierungsbedingung erfüllt ist (d. h. jedes Mal, wenn das Initialisierungsbedingungs-Erfassungssignal von der Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung 207 zugeführt wird). Somit kann der Betrieb der Maschine immer optimiert werden.

## Ausführungsform 2

Für den Fall des Ventilzeitsteuerungssystems gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung werden die Initialisierungsbedingungs-Erfassungsverarbeitung und die Initialisierungsverarbeitung durch Berücksichtigung des oberen Grenzwerts  $\alpha$  und des unteren Grenzwerts  $\beta$  nur des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  ausgeführt. Jedoch kann die eben voranstehend erwähnte Verarbeitung genauso durch Berücksichtigung eines Summenwerts des integralen Korrekturwerts  $\Sigma K_i$  und des gelernten Werts  $LRN$ , der der tatsächlichen Steuergröße für den variablen Zeitsteuerungs-(VVT)-Mechanismus 40 entspricht, ausgeführt werden.

Nun wird eine Beschreibung des Ventilzeitsteuerungssy-



stems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgenommen, bei der die Initialisierungsbedingungen-Erfassungsverarbeitung und die Initialisierungsverarbeitung durch Verwenden des Summenwerts des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN ausgeführt werden.

Zunächst sei darauf hingewiesen, dass das Ventilzeitsteuerungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung durch teilweises Modifizieren des Betriebsprogramms oder der Betriebsprogramme, die in die voranstehend beschriebene elektronische Steuereinheit 100A (siehe Fig. 1) eingebaut sind, und durch Ersetzen des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  durch "einen Summenwert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN" realisiert werden kann.

Die integrale Steuereinrichtung 205, die in die elektronische Steuereinheit 100A eingebaut ist, umfasst eine Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$ , so dass die Summe des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs annehmen kann.

Ferner ist die Initialisierungseinrichtung 208 so ausgelegt, dass sie einen anfänglichen Wert der Summe des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN auf einen Wert innerhalb eines Bereichs, der von dem unteren Grenzwert eines vorgegebenen Bereichs bis "0" (Null) reicht, einstellt. Beispielsweise kann der anfängliche Wert der Summe auf den voranstehend erwähnten unteren Grenzwert eingestellt werden. In dieser Weise kann eine Optimierung des anfänglichen Werts der Summe bewirkt werden.

Ferner kann die Initialisierungsbedingungen-Erfassungseinrichtung 207 so ausgelegt oder programmiert werden, dass sie als die Initialisierungsbedingung die Steuerzeit oder den Zeitpunkt erfasst, zu der/zu dem der Summenwert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN sich zum ersten Mal, nachdem der Summenwert mit dem oberen Grenzwert oder dem unteren Grenzwert des vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit ( $\tau$ ) übereinstimmend geblieben ist, ändert.

In dieser Weise kann die tatsächliche Steuergröße für den variablen Ventilzeitsteuerungs-(VVT)-Mechanismus 40 und das Ölsteuerventil (OCV) 80 auf einen vorgegebenen Bereich beschränkt werden, indem die Summe des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  und des gelernten Werts LRN und der variable Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 verwendet werden, wodurch Betriebsvorgänge des variablen Ventilzeitsteuerungsmechanismus 40 und des Ölsteuerventils 80 innerhalb eines tatsächlichen Toleranzbereichs gesteuert werden können. Somit kann eine Zuverlässigkeit des Ventilzeitsteuerungssystems weiter verbessert werden.

### Ausführungsform 3

Im Zusammenhang mit dem Ventilzeitsteuerungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung wurde die Beschreibung unter der Annahme durchgeführt, dass die Steuereinheit 100A die Lerneinrichtung 206 umfasst. Jedoch versteht es sich von selbst, dass sogar dann, wenn die Lerneinrichtung 206 eingespart ist, ähnliche Effekte wie die voranstehend beschriebenen erhalten werden können, indem der Anfangswert des integralen Korrekturwerts  $\Sigma Ki$  jedes Mal dann, wenn die Initialisierungsbedingung erfüllt ist, auf einen negativen Wert gesetzt wird.

### Ausführungsform 4

Für den Fall des Ventilzeitsteuerungssystems gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung ist angenommen

worden, dass die Erfindung auf das System angewendet wird, bei dem der Hauptkörper des variablen Ventilzeitsteuermechanismus 40 dafür ausgelegt ist, sich gemeinsam mit der Einlasssteuerzeitscheibe 21 zu drehen (siehe Fig. 10). Jedoch ist die Erfindung niemals auf eine derartige Anordnung beschränkt, sondern kann genauso eine Anwendung auf ein System finden, bei dem sich der Hauptkörper des variablen Ventilzeitsteuermechanismus 40 nicht dreht.

Ferner versteht es sich von selbst, dass das Konzept der vorliegenden Erfindung genauso auf das System angewendet werden kann, bei dem die tatsächliche Ventilsteuerzeit  $T_a$  durch Verwenden eines Potentiometers erfasst wird.

Viele Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind aus der ausführlichen Beschreibung ersichtlich und somit ist mit den beigefügten Ansprüchen beabsichtigt, sämtliche derartige Merkmale und Vorteile abzudecken, die in den wahren Grundgedanken und den Umfang der Erfindung fallen. Da ferner zahlreiche Modifikationen und Kombinationen Durchschnittsfachleuten in dem technischen Gebiet leicht offensichtlich sind, ist nicht beabsichtigt, die Erfindung auf die exakte Konstruktion und den Betrieb zu beschränken, der dargestellt und beschrieben wurde.

Obwohl die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit dem System zum Steuern der Ventilsteuerzeit beschrieben worden ist, können beispielsweise die Lehren der Erfindung als die Verfahren, so wie sie voranstehend durch die Flussdiagramme typischerweise dargestellt sind, in der Form eines Programms oder in der Form von Programmen implementiert werden, das/die mit dem Computer wie einem Mikrocomputer ausgeführt werden kann/können. Demzufolge ist beabsichtigt, dass derartige Verfahren, ein derartiges Programm (derartige Programme) und ein Aufzeichnungsmedium, in dem das Programm (die Programme) gespeichert ist (sind), von der vorliegenden Erfindung abgedeckt sind. Demzufolge kann auf sämtliche Modifikationen und Äquivalente zurückgegriffen werden, die in den Grundgedanken und den Umfang der Erfindung fallen.

### Patentansprüche

1. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine umfassend:  
ein Einlassventil (17) und ein Auslassventil (18), die synchron zu einer Drehung der Brennkraftmaschine zum Öffnen und Schließen eines Einlasskanals (15) eines Auslasskanals (16), die mit einer Verbrennungskammer (8) der Brennkraftmaschine in Verbindung stehen, angetrieben werden;  
eine Betriebszustands-Erfassungseinrichtung (201) zum Erfassen eines Betriebszustands (D) der Brennkraftmaschine;  
eine Arithmetikeinrichtung (202) für die gewünschte Ventilsteuerzeit zum arithmetischen Bestimmen einer gewünschten Ventilsteuerzeit ( $T_o$ ) für wenigstens das Einlassventil (17) und/oder das Auslassventil (18) in Abhängigkeit von dem erfassten Maschinenbetriebszustand (D);  
einen variablen Ventilzeitsteuermechanismus (40) zum Ändern einer Öffnungs-/Schließungs-Steuerzeit für wenigstens das Einlassventil (17) und/oder das Auslassventil (18);  
eine Erfassungseinrichtung (203) für die tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erfassen einer tatsächlichen Ventilsteuerzeit ( $T_a$ ) von wenigstens dem Einlassventil (17) und/oder dem Auslassventil (18);  
eine Steuereinrichtung (204) für die tatsächliche Ventilsteuerzeit zum Erzeugen einer Steuergröße (i) für den variablen Ventilzeitsteuermechanismus (40), so

dass eine Steuerzeitabweichung (ER) der tatsächlichen Ventilsteuerzeit ( $T_a$ ) von der gewünschten Ventilsteuerzeit ( $T_o$ ) Null wird;  
 eine integrale Steuereinrichtung (205) zum arithmetischen Bestimmen eines integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) durch Integrieren der Steuerzeitabweichung (ER), um dadurch die Steuergröße ( $i$ ) zu korrigieren;  
 eine Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207), um als eine Initialisierungsbedingung einen Maschinenbetriebszustand zu erfassen, bei dem der integrale Korrekturwert ( $\Sigma K_i$ ) initialisiert werden soll; und  
 eine Initialisierungseinrichtung (208) zum Initialisieren des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf einen optimalen Wert, der dem Maschinenbetriebszustand angepasst ist, wenn die Initialisierungsbedingung erfasst wird,  
 wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf einen negativen Wert einstellt.  
 2. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die integrale Steuereinrichtung (205) umfasst:  
 eine Begrenzungseinrichtung (zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs,  
 wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert auf einen Wert innerhalb eines Bereichs einstellt, der von einem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs bis "0" (Null) inklusive reicht.  
 3. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf den unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs einstellt.  
 4. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207) so ausgelegt ist, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der sich der integrale Korrekturwert ( $\Sigma K_i$ ) zum ersten Mal, nachdem er mit einem oberen Grenzwert ( $\alpha$ ) oder dem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeitperiode ( $\tau$ ) übereinstimmend geblieben ist, ändert.  
 5. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207) so ausgelegt ist, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, die dem Starten einer Energiezuführung an das Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar folgt.  
 6. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, ferner umfassend:  
 eine Lerneinrichtung (206) zum Lernen einer Steuergröße, die zum Halten der tatsächlichen Ventilsteuerzeit ( $T_a$ ) benötigt wird, auf Grundlage des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ), als einen gelernten Wert (LRN), wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert des gelernten Werts (LRN) auf einen Mittelwert im Design einstellt, während ein Anfangswert des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf einen negativen Wert eingestellt wird, wenn der gelernte Wert (LRN) noch nicht bestimmt worden ist, wohingegen dann, wenn der gelernte Wert verfügbar ist, die Initialisierungseinrichtung (208) den

anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf "0" (Null) setzt.

7. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, wobei die integrale Steuereinrichtung (205) umfasst:

eine Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs,  
 wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert auf einen Wert in einem Bereich einstellt, der von einem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs bis "0" (Null) inklusive reicht.

8. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 7, wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) auf den unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs einstellt.

9. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, wobei die integrale Steuereinrichtung (205) umfasst:

eine Begrenzungseinrichtung zum Begrenzen des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) so, dass eine Summe des integralen Korrekturwerts ( $\Sigma K_i$ ) und des gelernten Werts (LRN) einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs annimmt,  
 wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie einen anfänglichen Wert der Summe auf einen Wert innerhalb eines Bereichs einstellt, der von dem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs bis "0" (Null) inklusive reicht.

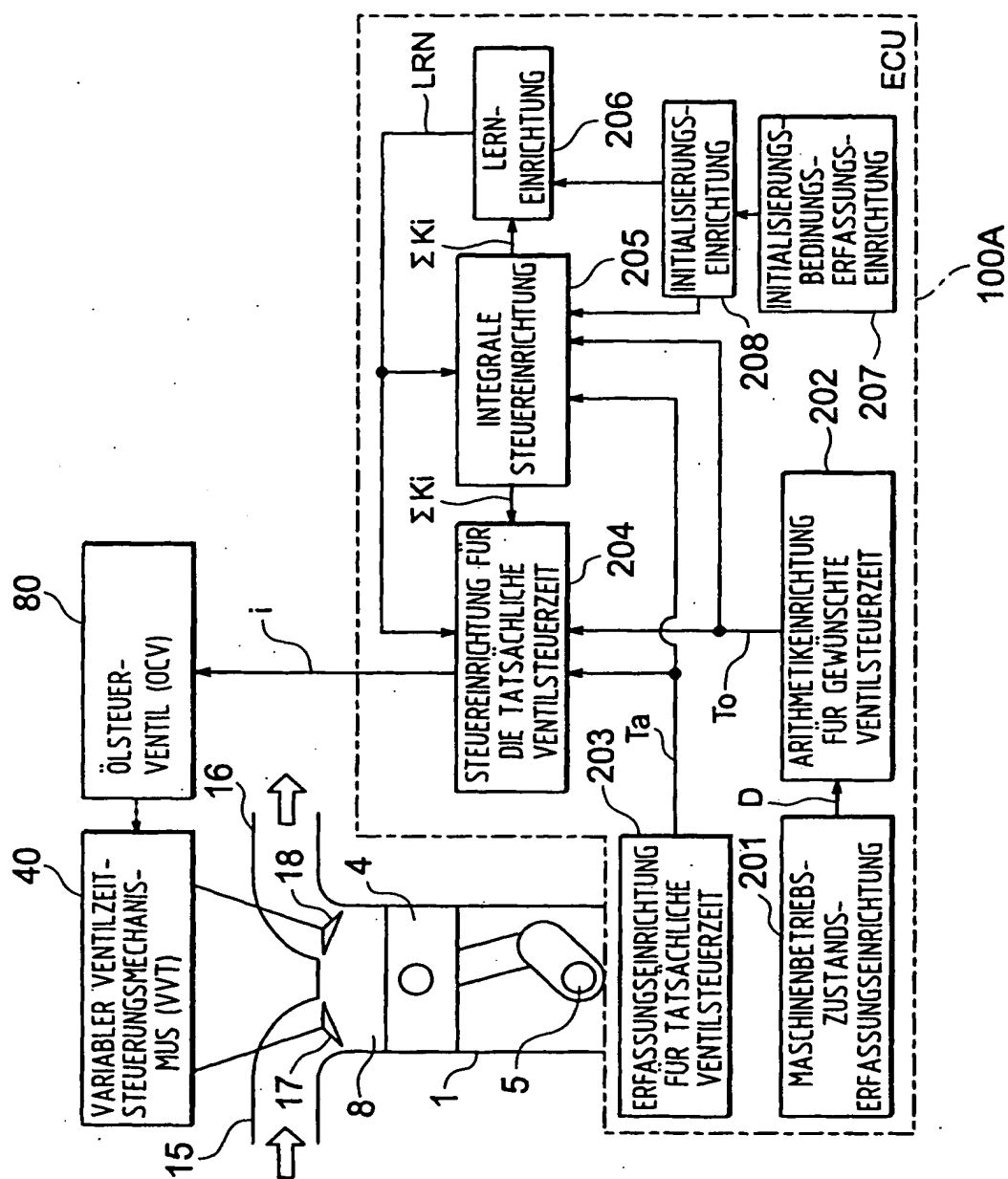
10. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, wobei die Initialisierungseinrichtung (208) so ausgelegt ist, dass sie den anfänglichen Wert der Summe auf den unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs einstellt.

11. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207) so ausgelegt ist, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der sich der integrale Korrekturwert ( $\Sigma K_i$ ) zum ersten Mal, nachdem er mit einem oberen Grenzwert ( $\alpha$ ) oder dem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit ( $\tau$ ) übereinstimmend geblieben ist, ändert.

12. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207) so ausgelegt ist, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, bei der sich der Summenwert zum ersten Mal, nachdem er mit einem oberen Grenzwert ( $\alpha$ ) oder dem unteren Grenzwert ( $\beta$ ) des vorgegebenen Bereichs kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit ( $\tau$ ) übereinstimmend geblieben ist, ändert.

13. Ventilzeitsteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei die Initialisierungsbedingungs-Erfassungseinrichtung (207) so ausgelegt ist, dass sie als die Initialisierungsbedingung eine Steuerzeit erfasst, die dem Start einer Energiezuführung an das Ventilzeitsteuerungssystem unmittelbar folgt.

**FIG. 1**



- Leerseite -

FIG. 2

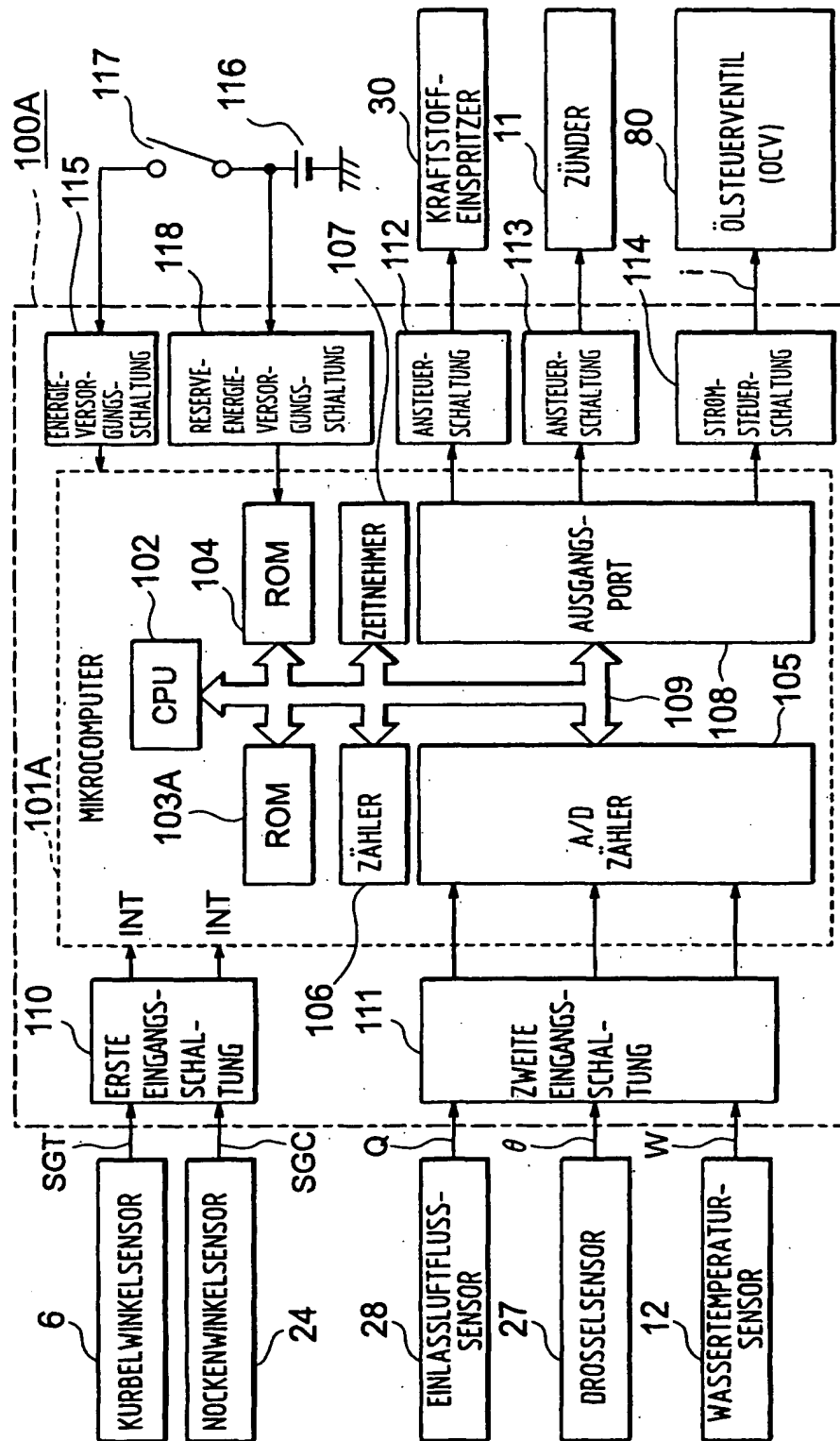


FIG. 3

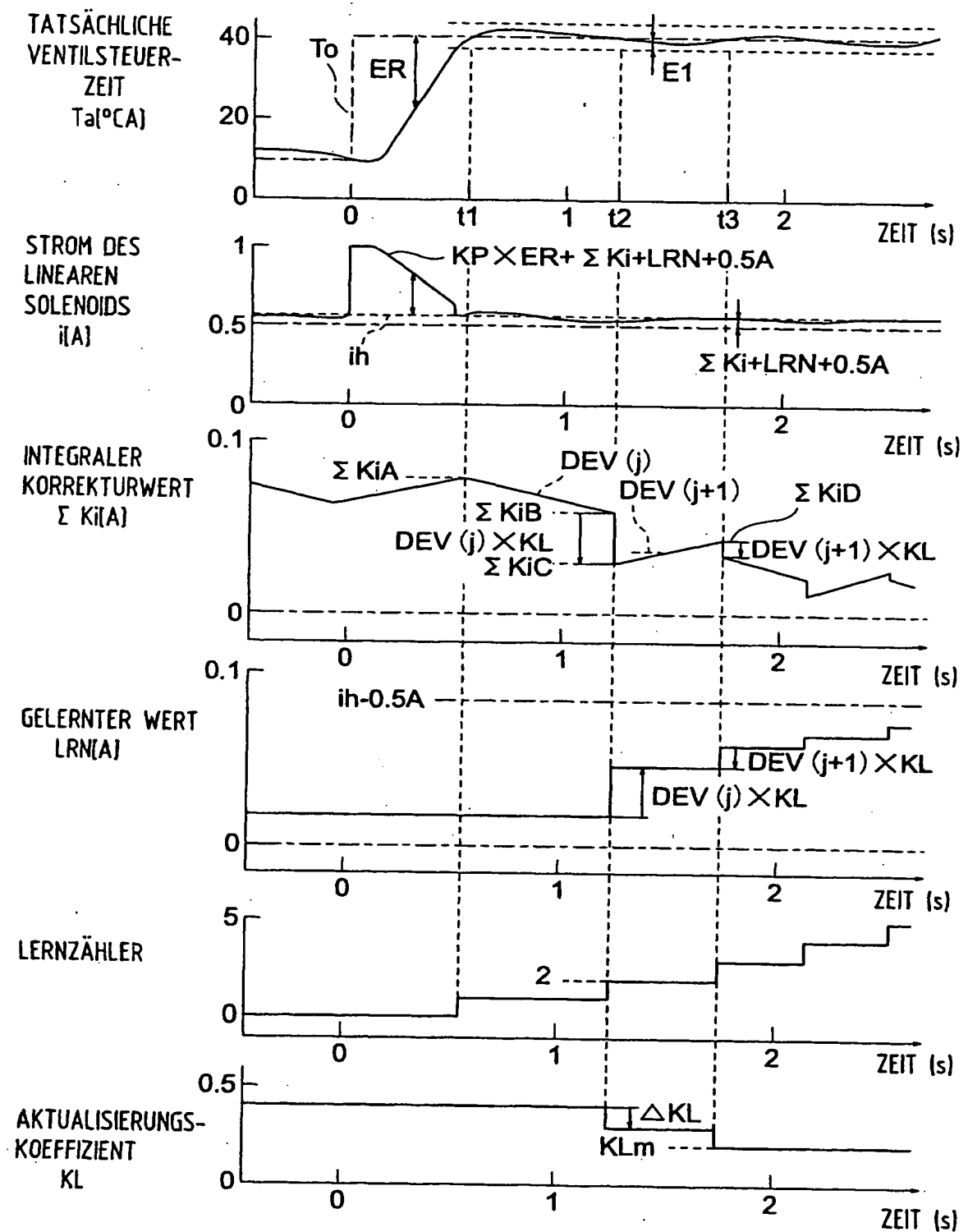


FIG. 4

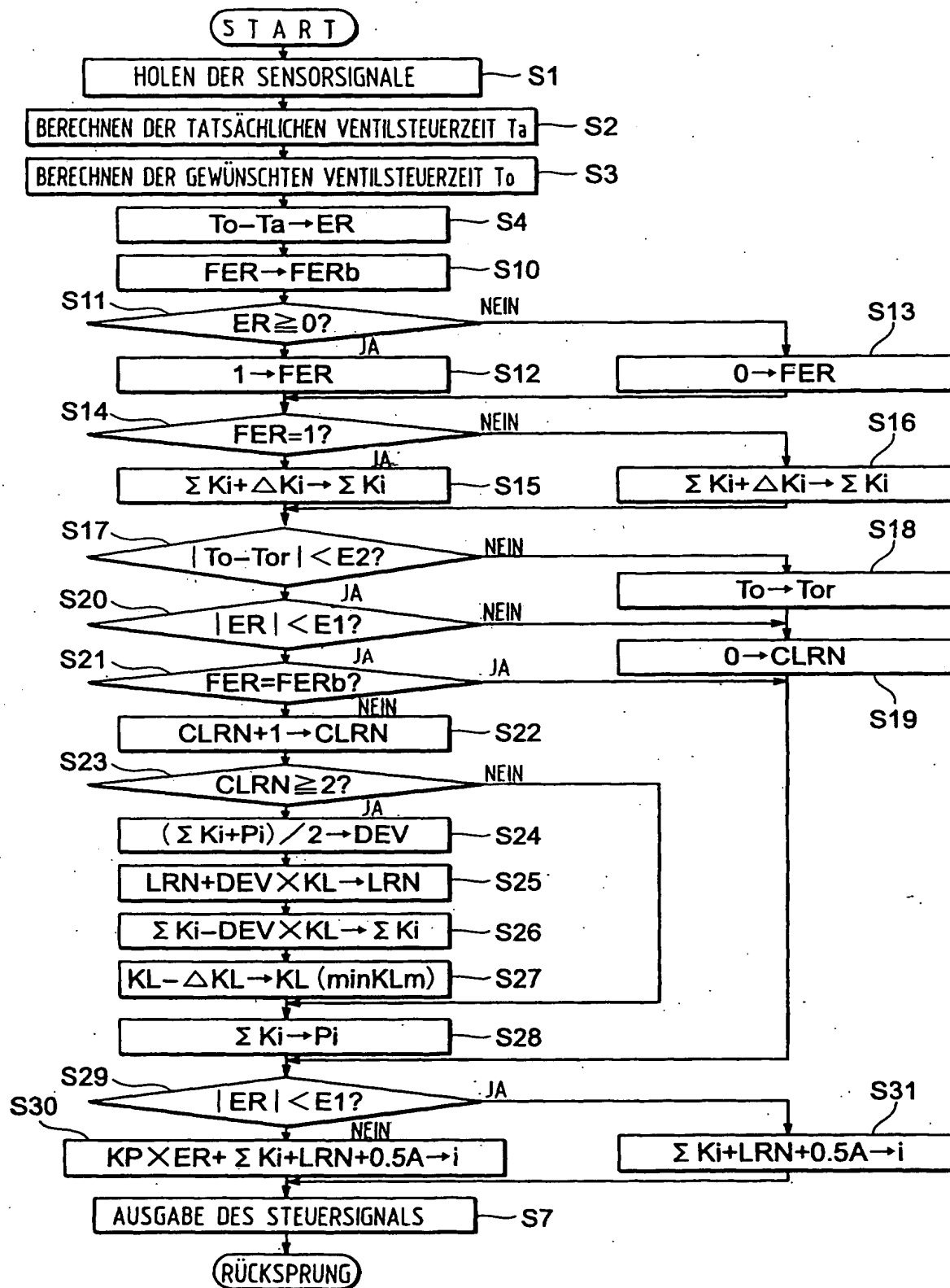


FIG. 5

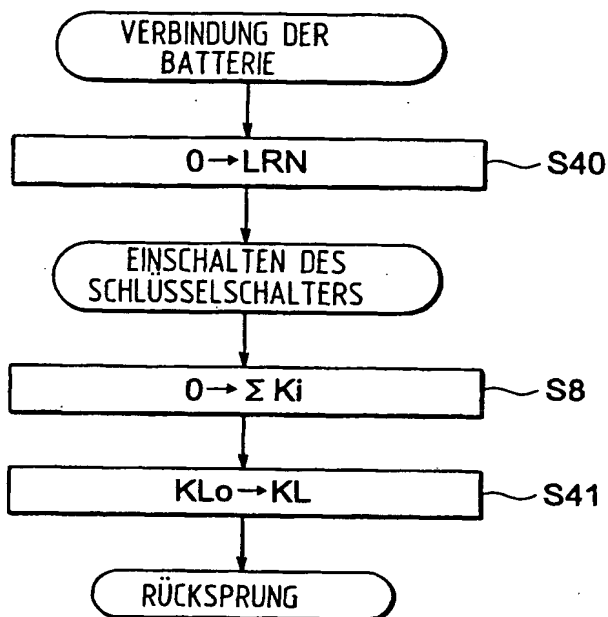


FIG. 6

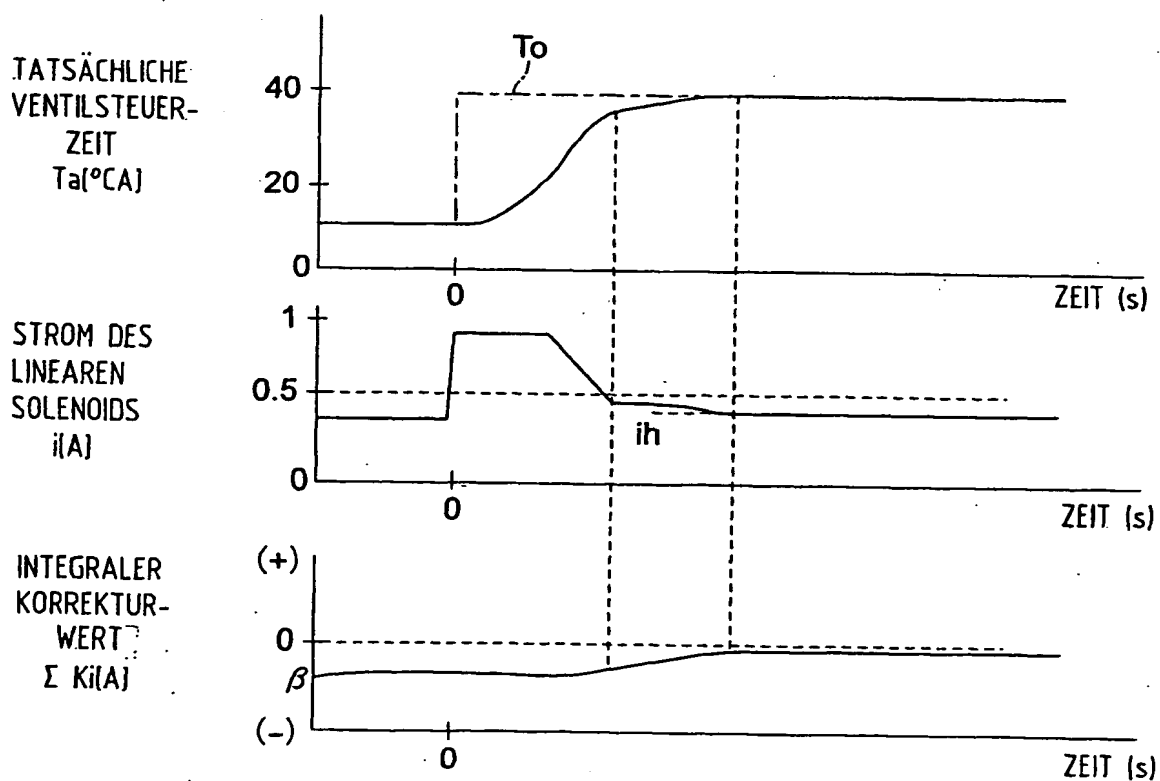




FIG. 7

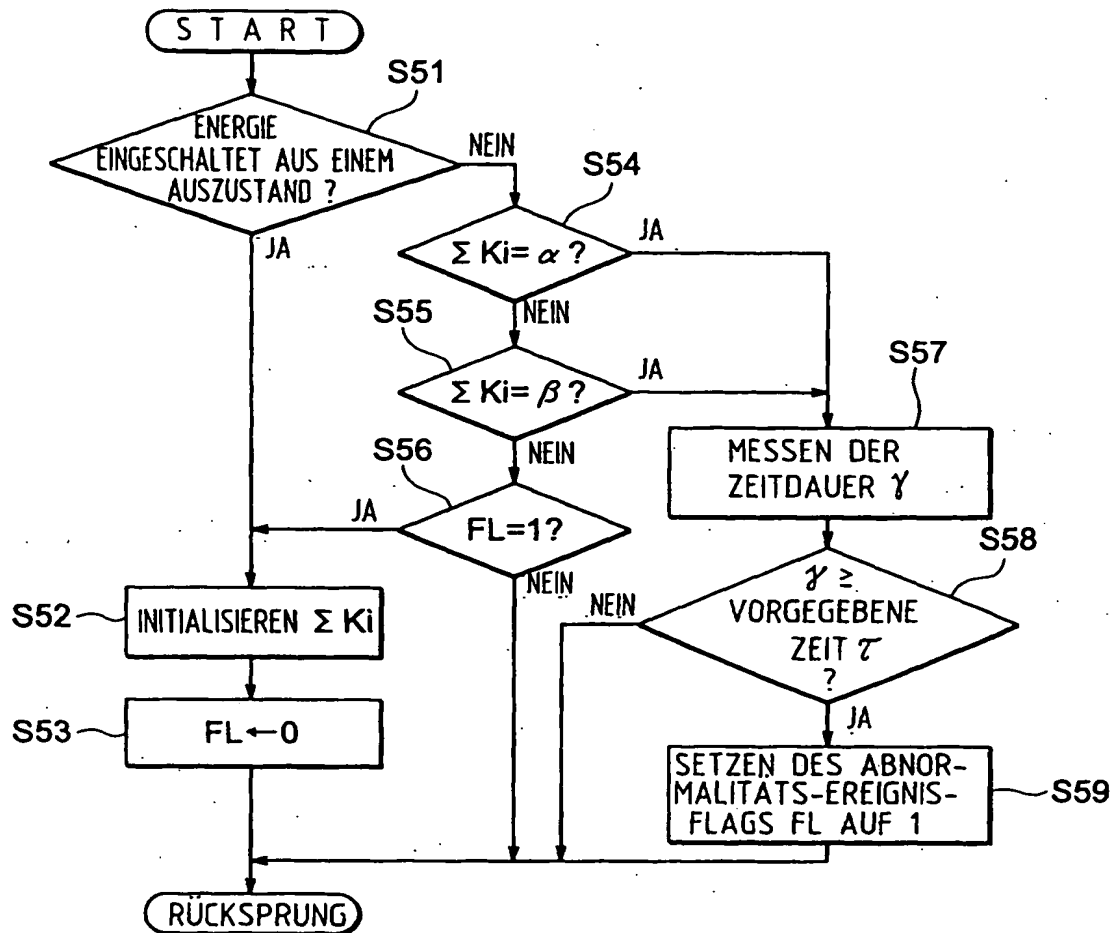


FIG. 8

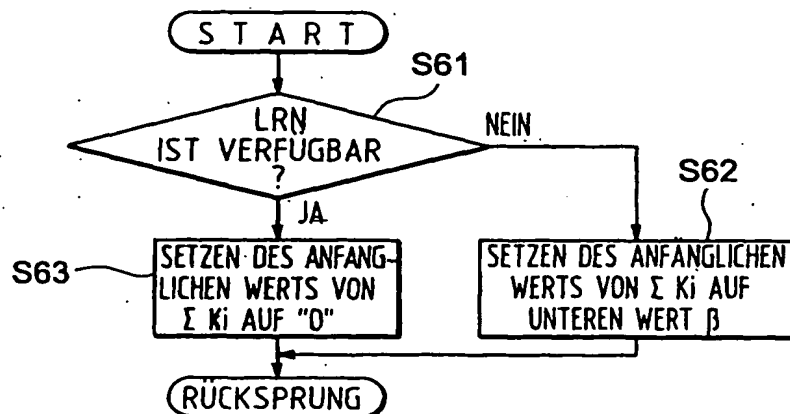
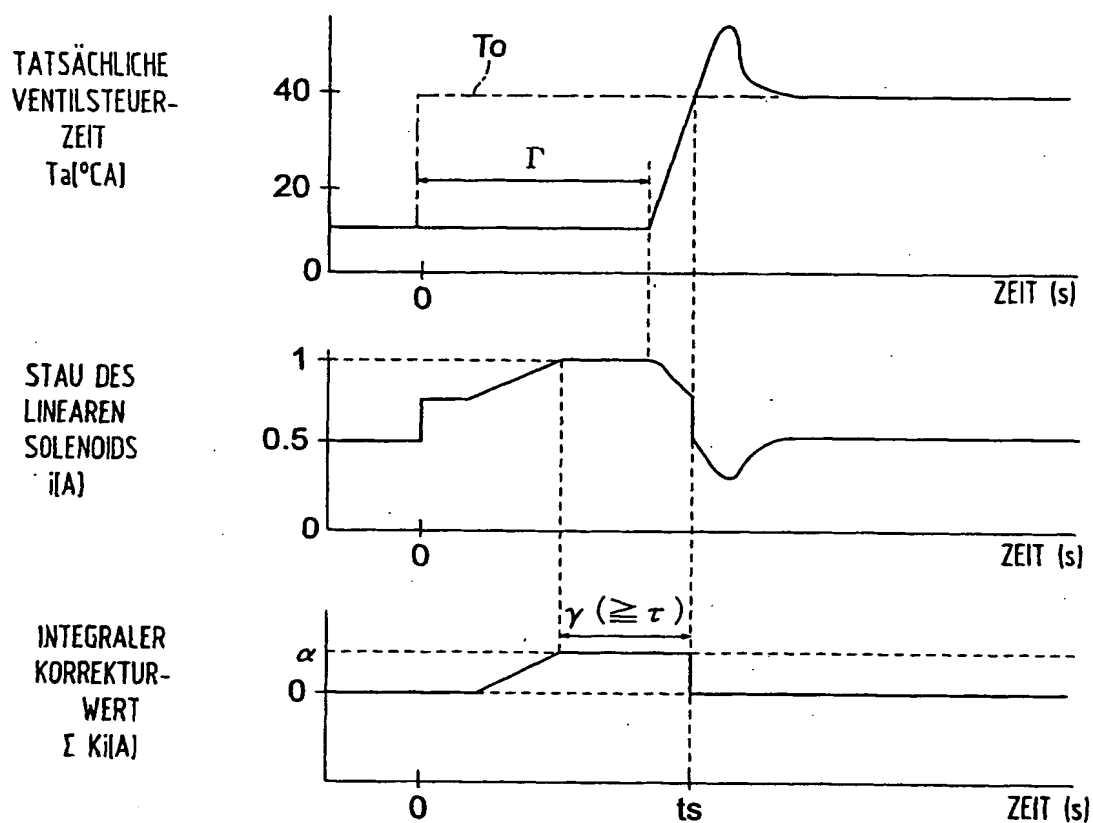
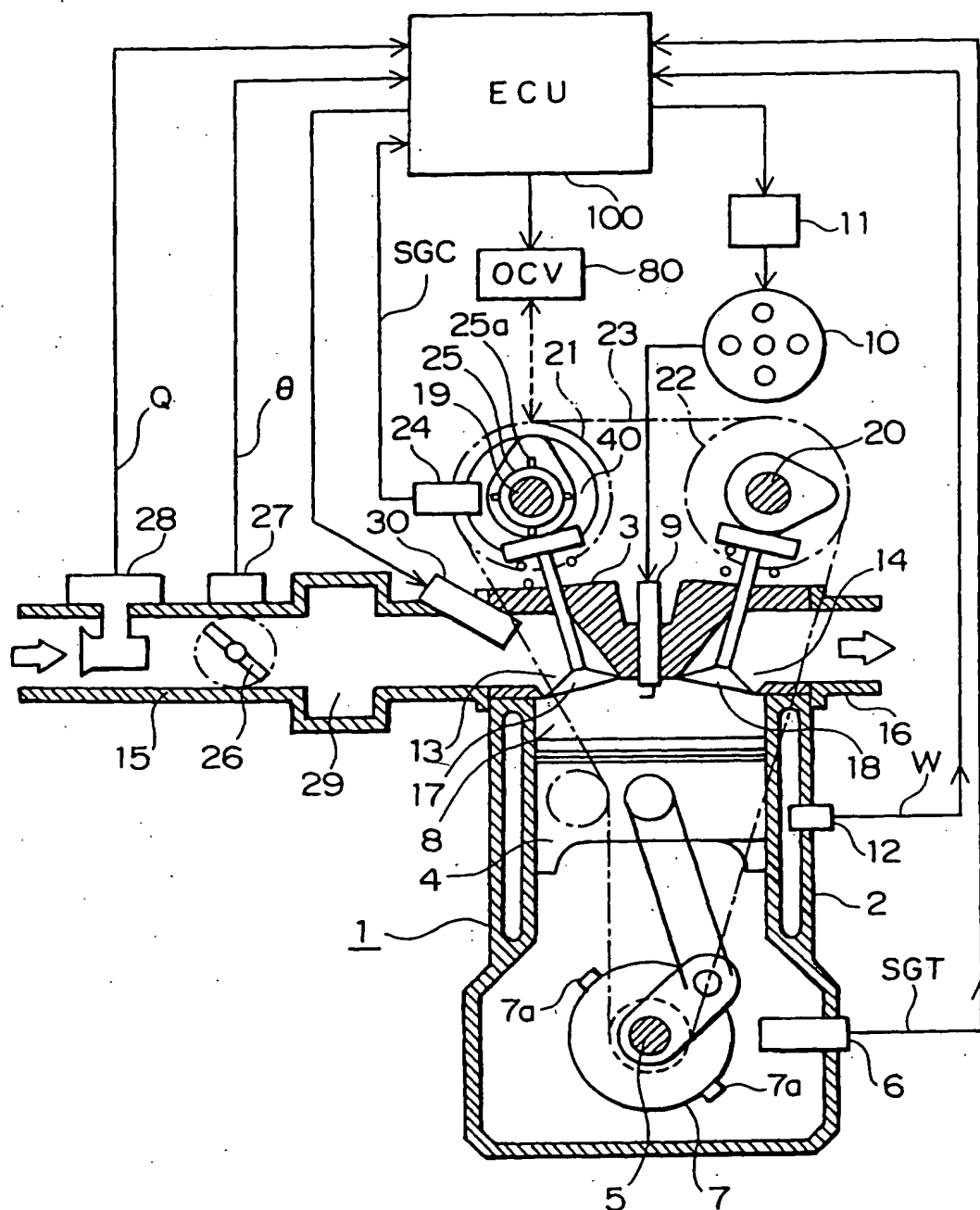


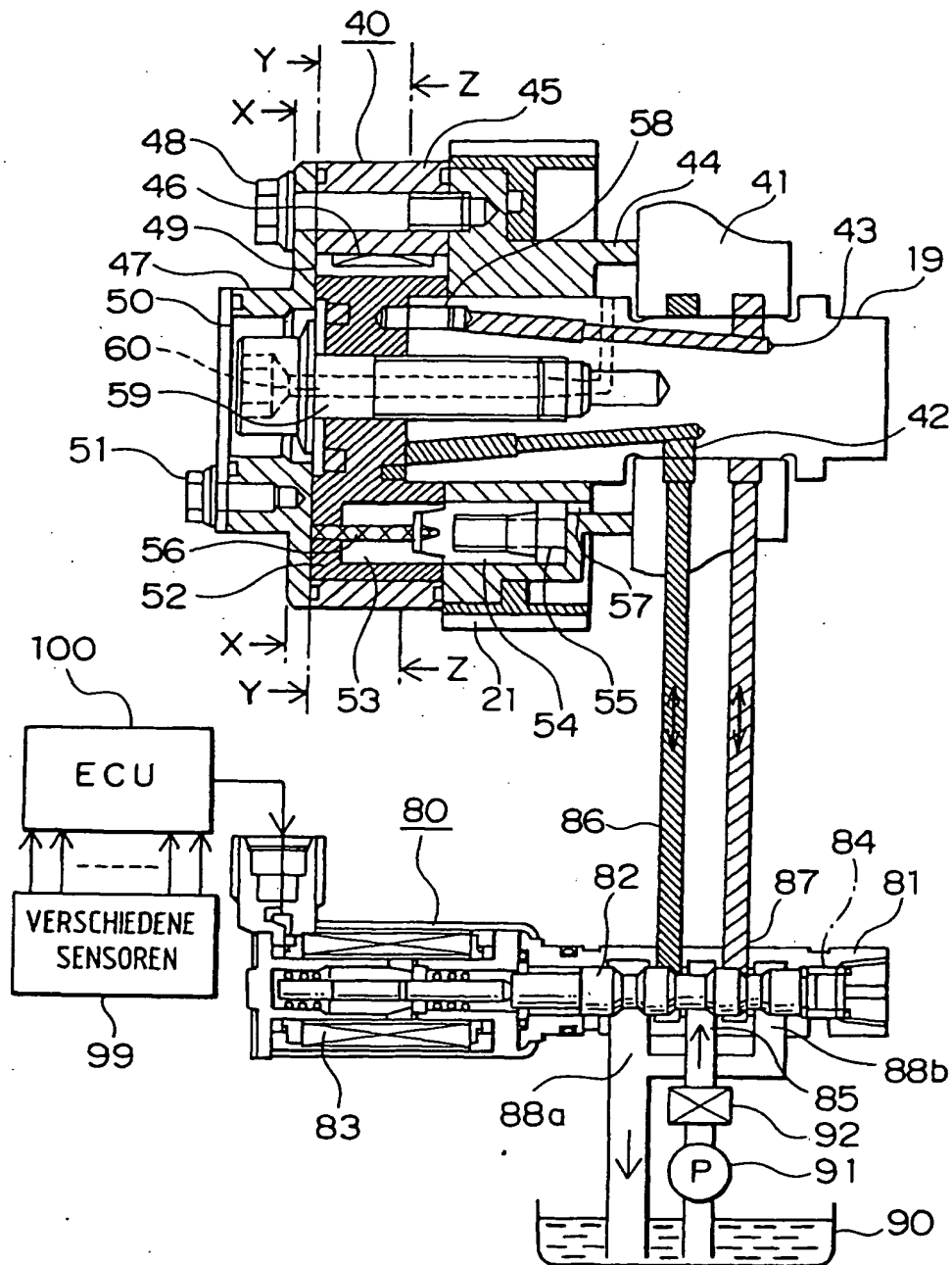
FIG. 9



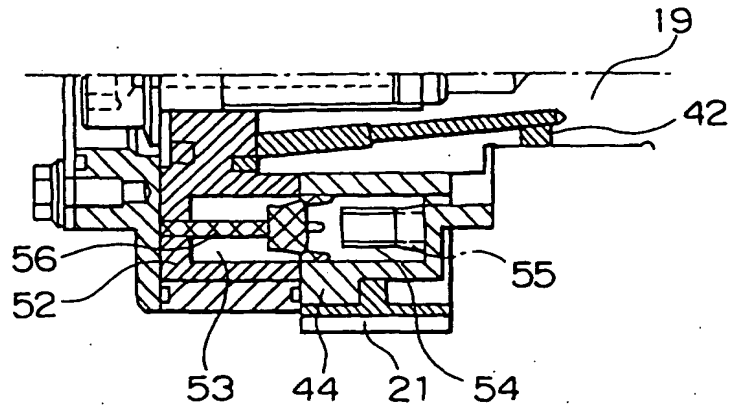
**FIG. 10**  
**STAND DER TECHNIK**



**FIG. 11**  
**STAND DER TECHNIK**

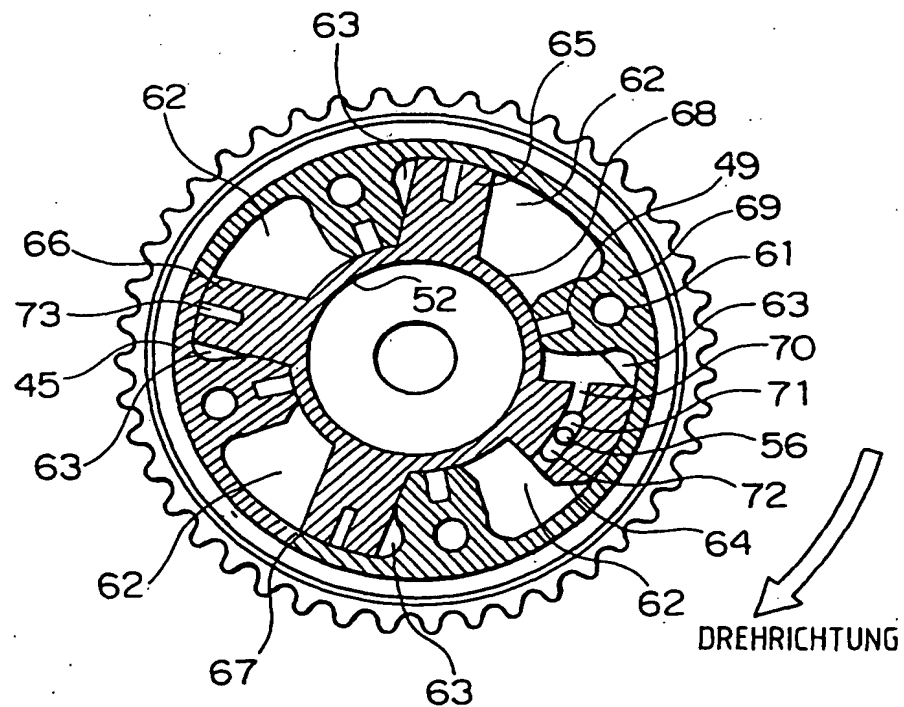


**FIG. 12**  
**STAND DER TECHNIK**

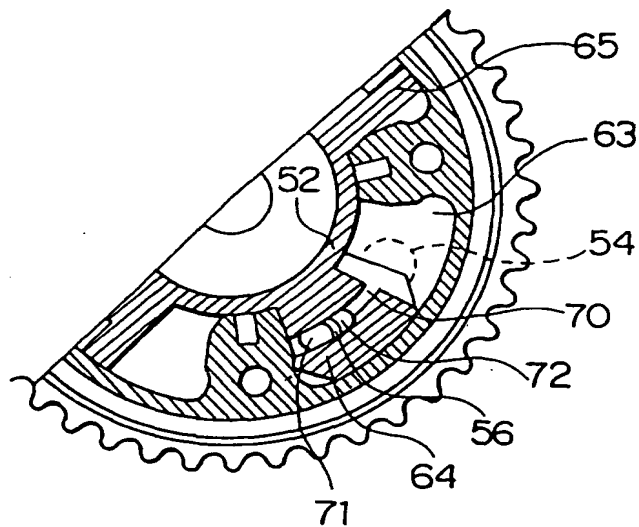


**FIG. 13**  
**STAND DER TECHNIK**

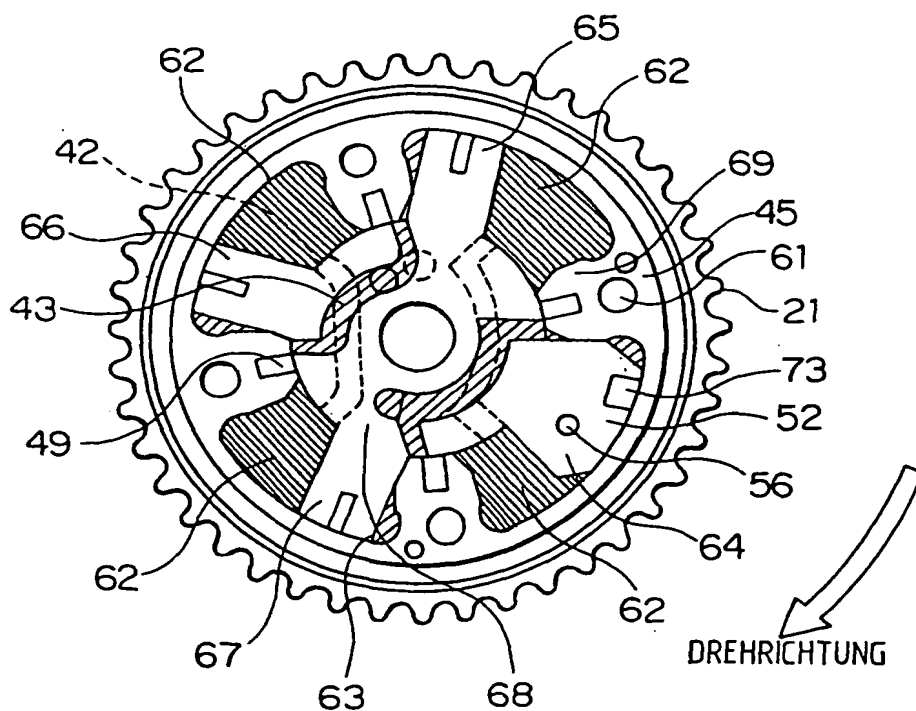
X -X SCHNITT IN FIG. 11



**FIG. 14**  
STAND DER TECHNIK



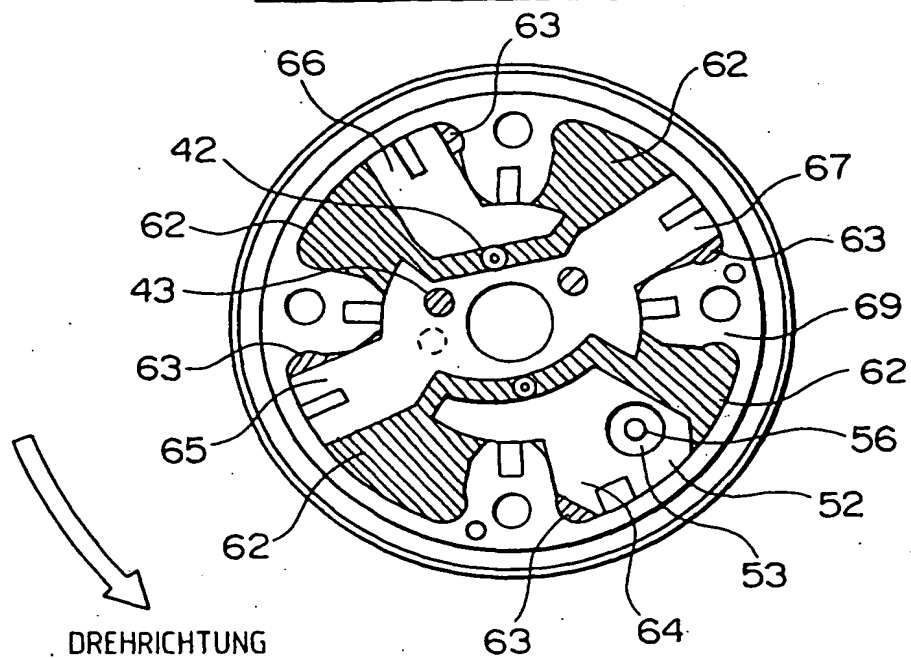
**FIG. 15**  
STAND DER TECHNIK  
Y - Y SCHNITT IN FIG. 11



# FIG. 16

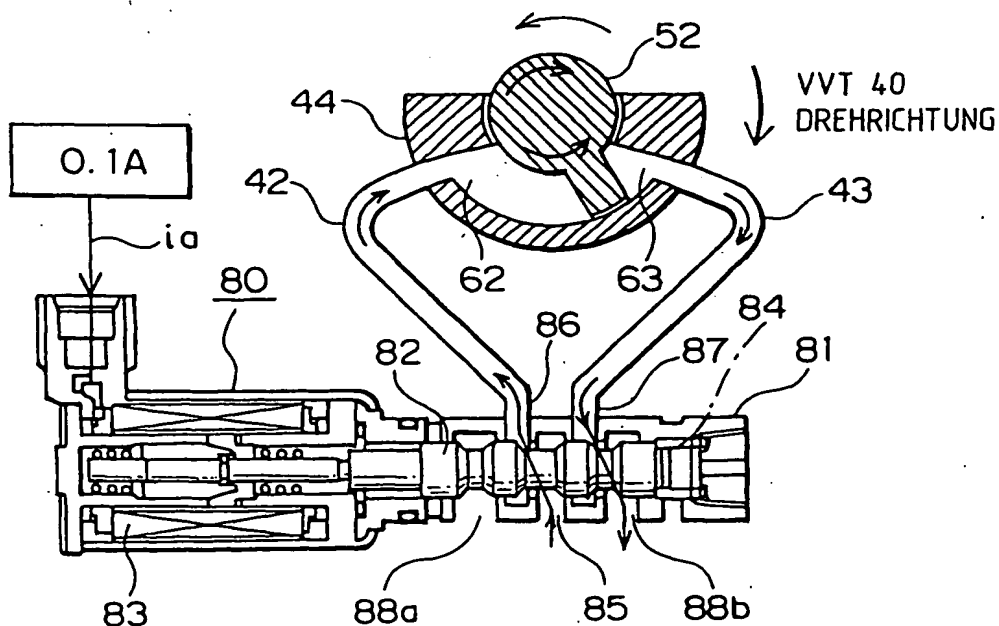
## STAND DER TECHNIK

Z - Z SCHNITT IN FIG. 11

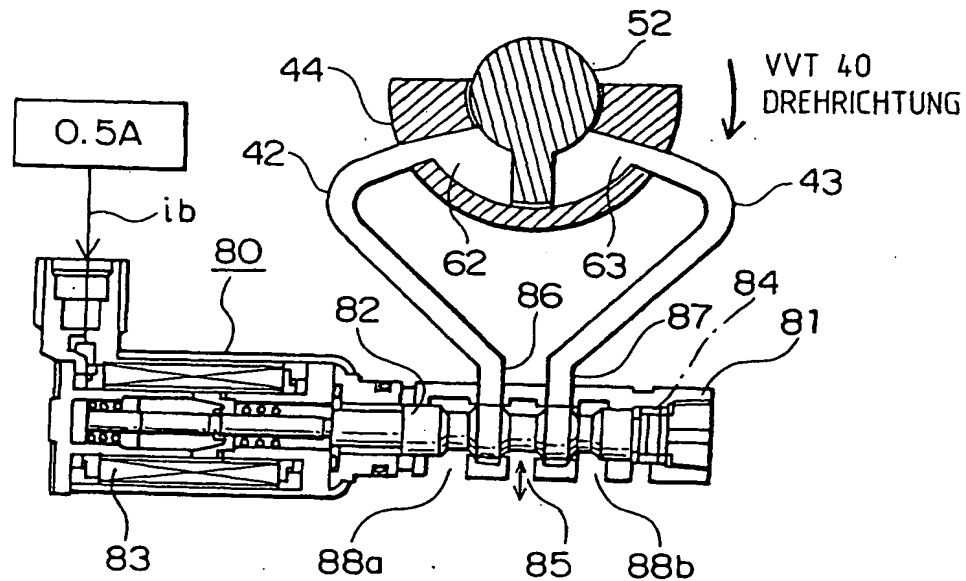


# FIG. 17

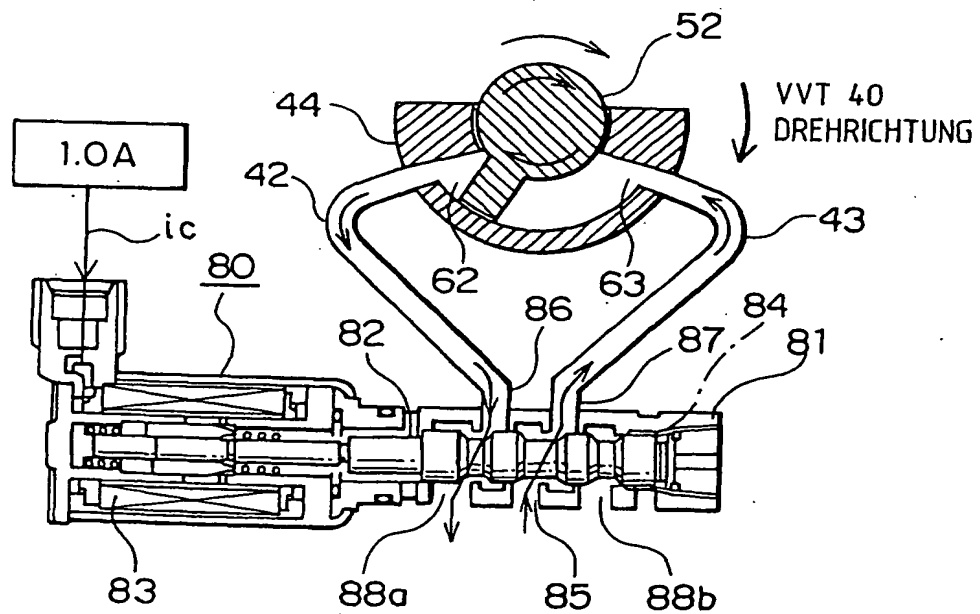
## STAND DER TECHNIK



**FIG. 18**  
**STAND DER TECHNIK**

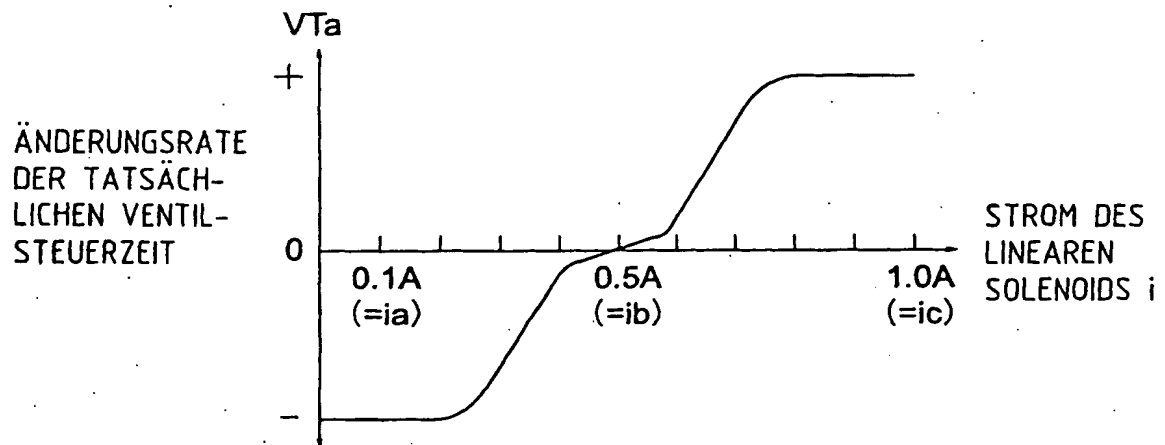


**FIG. 19**  
**STAND DER TECHNIK**

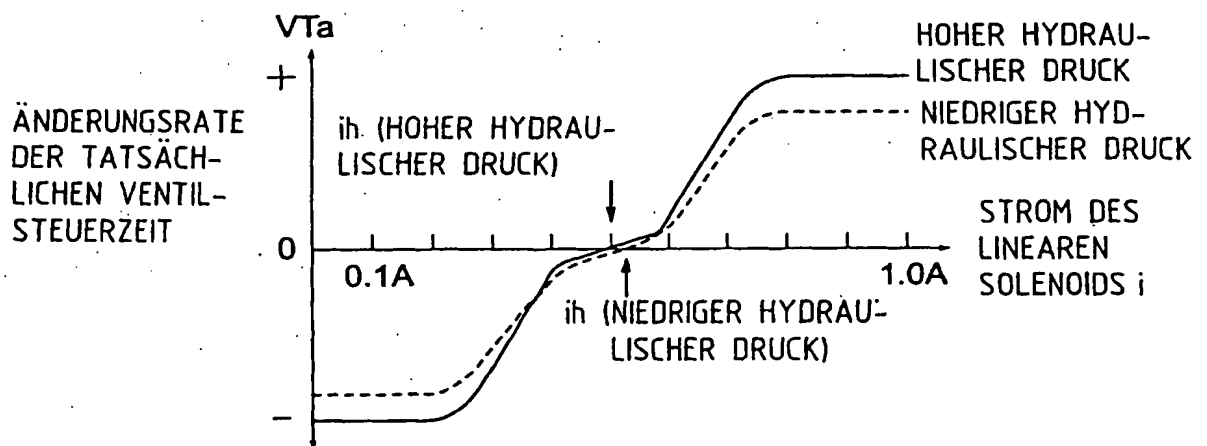




**FIG. 20**  
STAND DER TECHNIK



**FIG. 21**  
STAND DER TECHNIK



# FIG. 22

## STAND DER TECHNIK

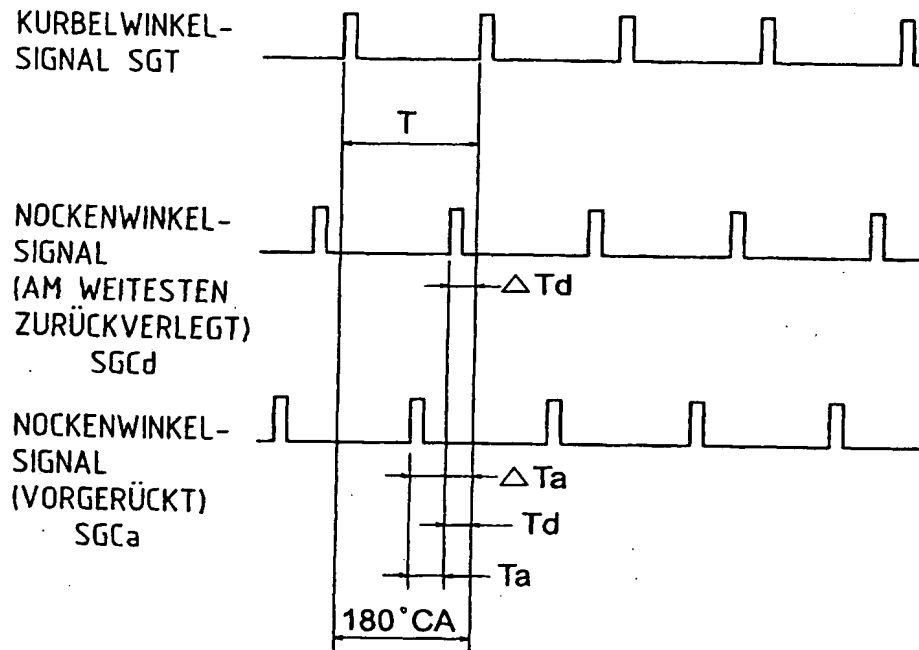
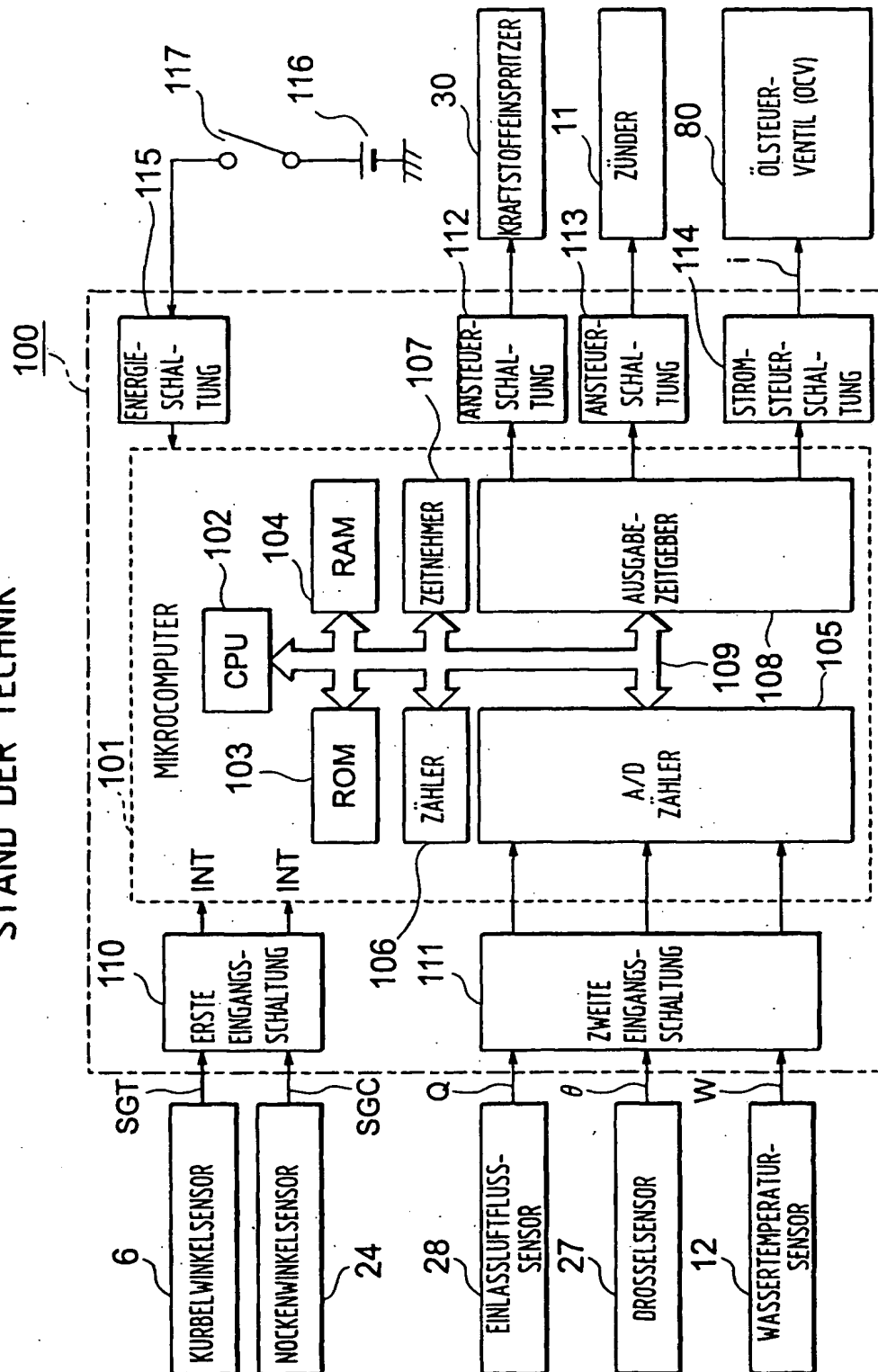
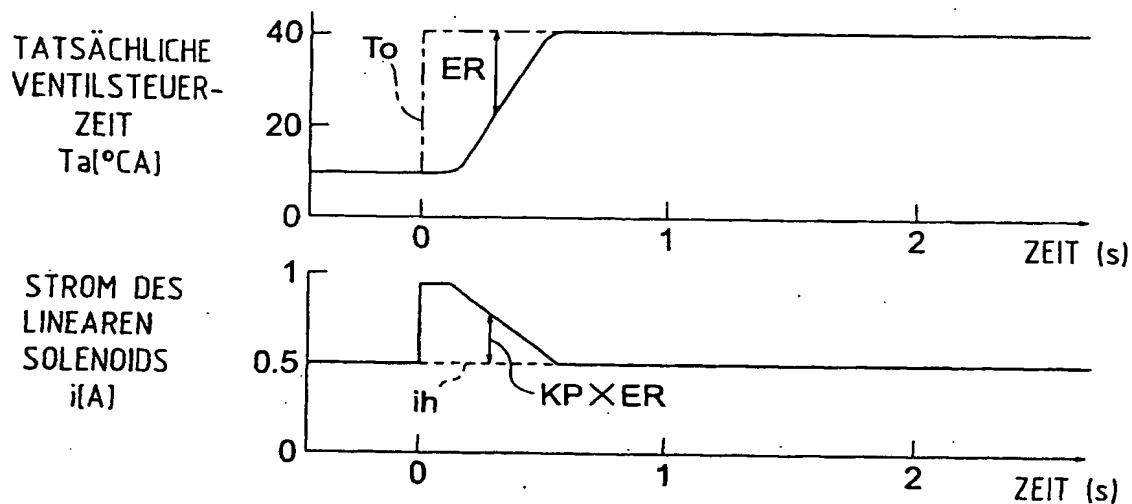


FIG. 23  
STAND DER TECHNIK



# FIG. 24

## STAND DER TECHNIK



# FIG. 25

## STAND DER TECHNIK

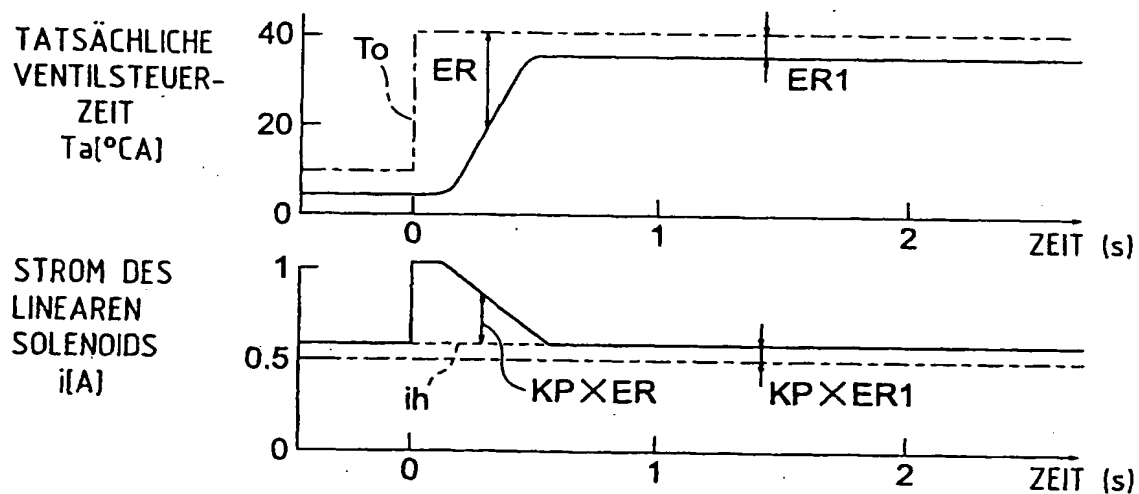


FIG. 26  
STAND DER TECHNIK

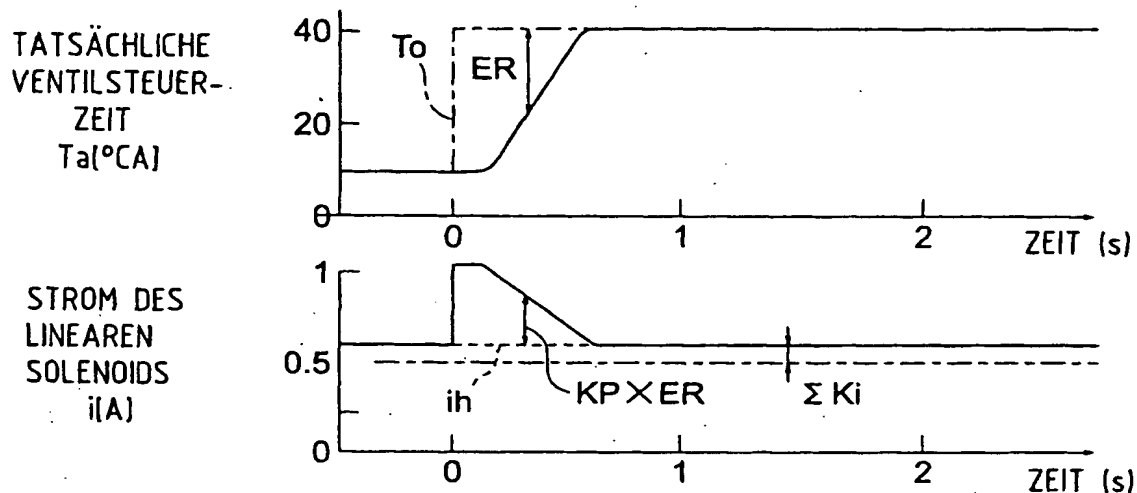
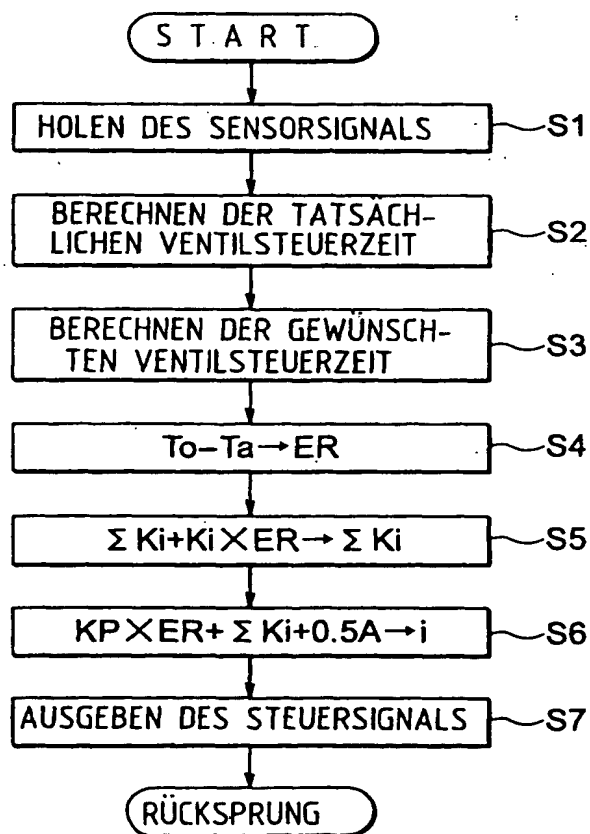
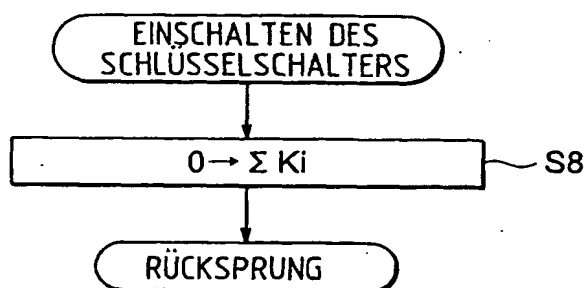


FIG. 27  
STAND DER TECHNIK



# FIG. 28

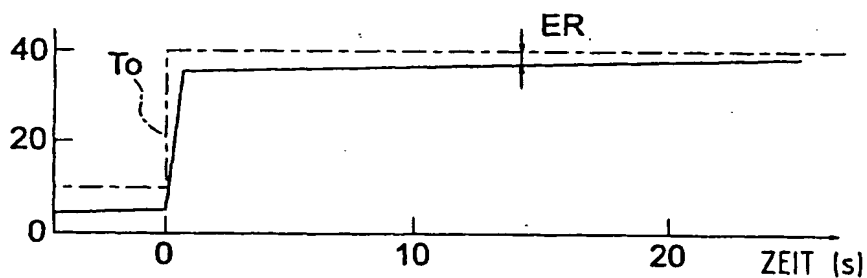
## STAND DER TECHNIK



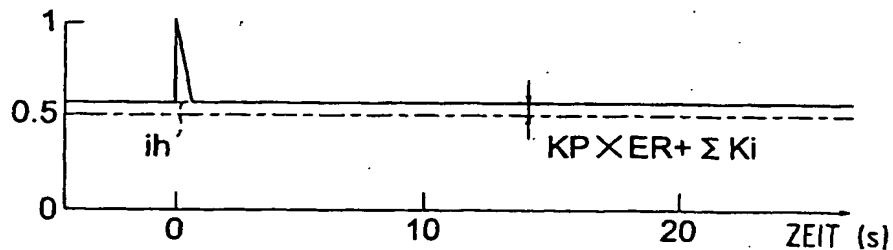
# FIG. 29

## STAND DER TECHNIK

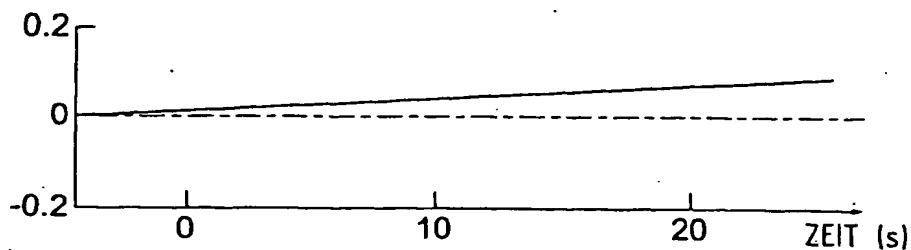
TATSÄCHLICHE  
VENTILSTEUER-  
ZEIT  
 $T_a[^\circ\text{CA}]$



STROM DES  
LINEAREN  
SOLENOIDS  
 $i[A]$

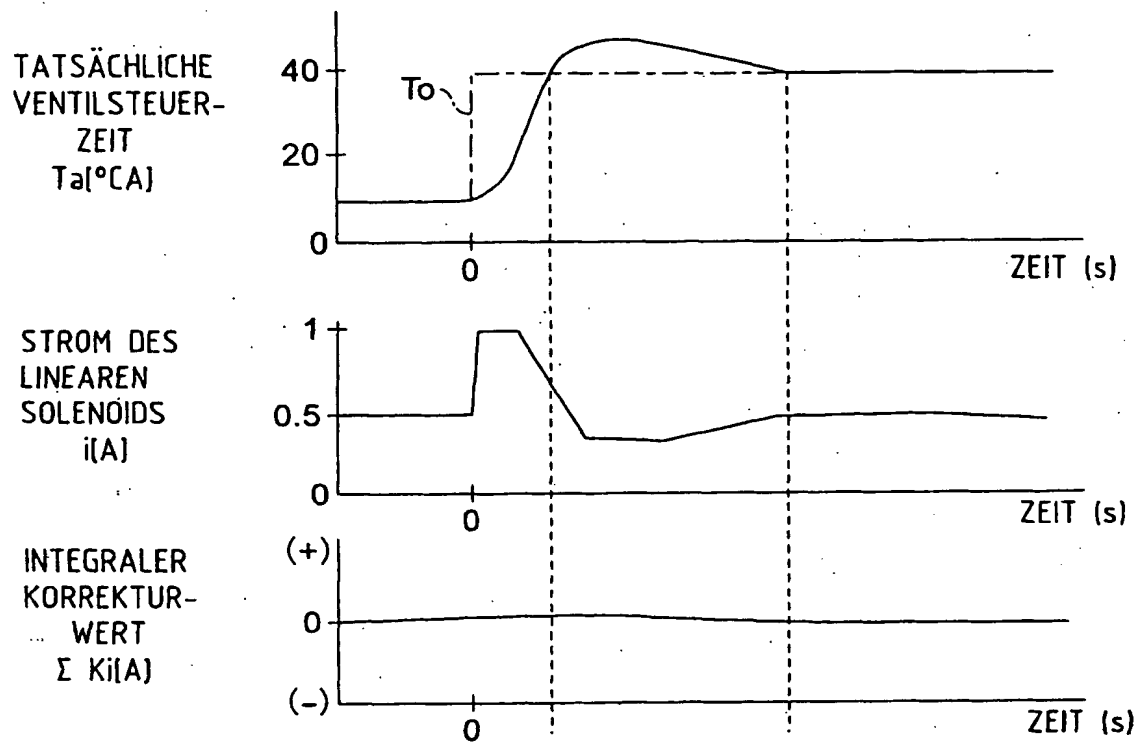


INTEGRALER  
KORREKTUR-  
WERT  
 $\Sigma Ki[A]$



# FIG. 30

## STAND DER TECHNIK



# FIG. 31

## STAND DER TECHNIK

